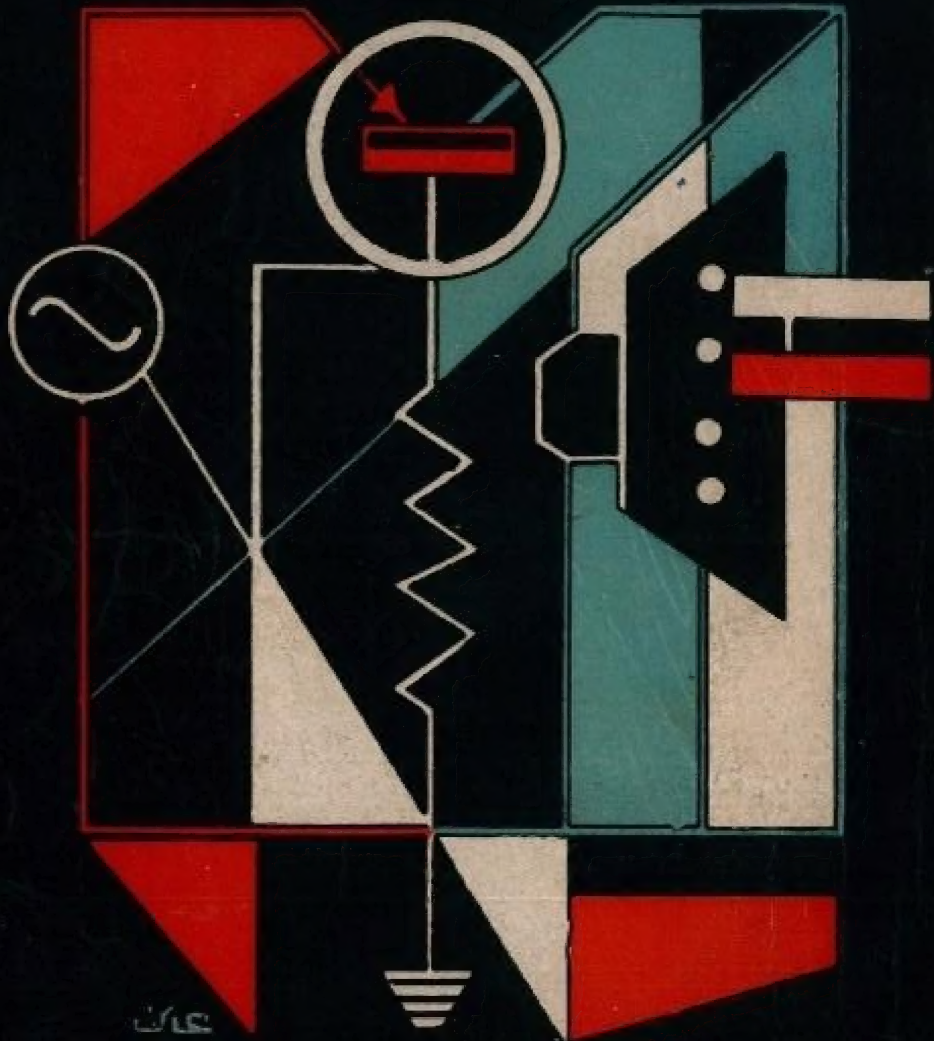


الترانستور



عانت

تأليف

محمد الباردى
مفتش العام بالتعليم الثانوى
محمد أبو الفضل احمد
مدرس العام بالتعليم الثانوى

ملزم الطبع والنشر

مكتبة النهضة المصرية بالقاهرة

إلى السيد وزير التربية

الأستاذ محمد إمام

مع أطيب التحيات

سراج دوي

٢٠/٩/٧

الترانزستور

المهندس

عبد المعطي محمد إمام

تقديم

الأستاذ أحمد زكي

وكيل وزارة التربية والتعليم لشؤون التعليم العام

المهندس

عبد المعطي محمد إمام

المهندس

عبد المعطي محمد إمام
مكتبة الإمام

ملتزمة النشر والطبع

مكتبة النهضة المصرية
٩ شارع مدني، القاهرة

العلمي
من أبن
المساهمة
فيز
يادخال
وشه
وأخرجو
ومن
من الناشئين
وتظل الخيرة
تحتكره ط
والمشاه
في كل بلد و
صندوق مغلق
من عطب يصي
المستغلون .
فجاء هذا ال
إذ تناول النظر يا

المهندس
عبد المعطي محمد إمام
مكتبة الإمام

تقديم

الأستاذ الكبير الوكيل المساعد لوزارة التربية والتعليم

خطت دولتنا الفتية خطوات مرفقة بعيدة المدى في سبيل مسيرة التقدم العلمي في شتى ميادينها . وكان ذلك إيماناً بأن الأمم إنما تُبنى على جهود العلماء من أبنائها ، وإن اعتمادنا على غيرنا في استيراد العلم وتقبل المخترعات ، دون المساهمة بنصيب إيجابي فعال ، هو تخلف تأباه نهضتنا الحاضرة .

فبزغت حركة طيبة مباركة بتطوير الجامعات وتدعيم التعليم فيما قبل الجامعة بإدخال ما يستجد من ضروب التقدم العلمي .

وشجعت الدولة العلماء على التأليف والإنتاج . فتنافس الكثيرون وأخرجوا كتباً ذات أثر في هذه النهضة الرائعة .

ومن خير هذه المؤلفات ما قصد به تبسيط العلوم الطبيعية لتقرئها من الناشئين ومن الأفراد غير المختصين حتى لا تصبح طلاسماً يعز عليهم فهمها وتظل المخترعات الحديثة أدوات غير مفهومة وسراً محوطاً بالغموض ، تحتكره طائفة يعز عليها تقريب أسرارها إلى أذهان الناس .

والمشاهد أن هذه الأجهزة العلمية كالراديو والمسجل قد دخلت كل بيت في كل بلد وصارت أدوات أساسية ، لا نواحي ترفيهية ، ومع ذلك فهي صندوق مغلق أو لغز يستعصى على الفهم في تركيبه وكيفية عمله كما أن إصلاحه من عطب يصيبه يصبح أمراً بعيد المنال على صاحبه ، ويستغله من أجله المستغلون .

فجاء هذا الكتاب « الترانزستور » محققاً لاستكمال مثل هذا النقص . إذ تناول النظرية العلمية للجهاز في غير إغراق في التفاصيل ، وبسطها بحيث

جعلها في متناول غير المتخصصين ، ثم عالج الجانب العملي والتركيب بصورة تفسر كيفية أداء الجهاز ووظيفة كل قطعة فيه وعلاقتها بالأجزاء الأخرى . والعطل الذي قد يصيب الجهاز وأسبابه وكيفية علاجه . وبهذا أزال الغموض وقرّب إلى الفهم ما كان مستعصياً على الإدراك .

وبهذه الطريقة سد فراغا كبيرا في تبسيط العلم من جانبه النظري وساعد الكثيرين على معرفة التركيبات المعقدة في هذا الجهاز الحديث والدوائر التي يستخدم فيها ، بل لعل منهم من تشتد رغبته في إنتاج وحدة منه لنفسه فيكون هذا الكتاب مرشداً وهاديا له في تحقيق رغبته . ويتطور هذا التوجيه إلى نقض الزعم القائل بأن العلم وقف على طبقة من الناس ، بل ويدفع كثيرا منهم إلى متابعة القراءة في المجالات العلمية المبسطة وبهذا نستطيع أن نخلق وعيا علميا جديدا ونطور عقلية النشء وغيرهم فيفتحون نحو متابعة النشاط العلمي .

ولا ريب أن تبسيط العلم يقتضى الإلمام التام بحقائقه . ولن يقدر على تبسيط المستوى دون خوف من الزلل إلا رجل ملك ناصيته . ويقاس مدى نفع الكتاب بتحقيق الأمرين معا : بساطة مع الدقة والصواب .

واستعراض فصول هذا الكتاب يطالعنا بأن المؤلفين قد نهجا هذا النهج القويم ونجحا في الوصول إلى هذه الأهداف .

وأرجو أن يتابعا جهودهما في هذا الميدان وهو واسع الأرجاء متعطش لسد فراغه الكبير . كما أرجو أن يشاركهم آخرون لهم توفر لهم الاطلاع العلمي المستمر مع القدرة على حل العقد وفك الرموز في أسلوب مشير للتشويق والرغبة .

وفق الله الجهود وشد أزر العاملين .

أحمد زكي

الترانستور

تأليف

محمد أبو الفضل أحمد
مدرس العلوم بالتعليم الثانوى

محمد البارودى
مفتش العلوم بالتعليم الثانوى

ملتزم الطبع والنشر
مكتبة النهضة المصرية

-5-

مقدمة

بسم الرحمن الرحيم

والصلاة والسلام على أشرف المرسلين . وبعد :
نبئت فكرة إخراج هذا الكتاب من حديث موجّه من الرئيس
الكبير

وهو الذى يفيض قلبه الكبير بالحبة لهذا الوطن الكبير
يرى التقدم فى ميدان من الميادين فلا يهدأ له بال حتى يصيب لوطنه
منه قسط كبير

ويظل يلاحق المعنيين بالأمر والقائمين عليه ، حتى يطمئن إلى أن الفكرة
أصبحت مشروعا ، والمقترح قد خرج إلى حيز التنفيذ ، ثم تظل المتابعة
حتى يؤتى المشروع أكله ، ويُجنى ثمره ، ويعم الخير .
عندئذ يشعر بالسعادة

هذا هو طابعه وتلك هى طبيعته
هذه الروح هى التى استطاع بتأثيره الساحر أن ينقلها إلى من يستطيع
أن يقدم شيئا لوطنه

ويوما وقف فى الجامعة ينادى : « لا محل للجبال فى عصر الذرة
وانه لا يمكن أن يتقدم العلم وتتخلف عن الركب »
ويهدى من هذا التوجيه أخرجنا هذا الكتاب .

* * *

وليس الغرض من هذه المحاولة أن نخرج كتابا مدرسيا . ولكنه كتاب

للقراء العابرين الذين لم تتح لهم فرصة دراسة الموضوعات الكهربائية والالكترونية . فهؤلاء هم الذين نريد - في هذا الوطن العربي الكبير - أن نغني بهم وأن نكتب لهم .

فالهدف إذا أن نكون جمهوراً عربياً يهوى قراءة العلوم ويتابع تفهم ودراسة ما يستحدث فيها . وواجبنا أن نبسط لهم ما هو معقد من البحوث العلمية ، مع العناية بصفة خاصة بما له منها تطبيق عملي يستخدم في حياتهم . ونحن لا نقصد - وإن كنا نتمنى - أن تكون متعة القراءة هي الهدف الوحيد ، بل وضعنا نصب العين ، الاغراض النفعية إلى جوار ذلك . فهناك فئة من القراء تستهويهم طرافة الموضوع ، وهناك فئة أخرى يشوقهم عند استعمالهم أجهزتهم معرفة تركيبها ، وفكرة عملها ، وبينما يوجد فريق من الطلاب وغيرهم من الهواة ، يتحمسون لبناء الأجهزة ويسعدهم سماعها بعد ذلك ، وهناك فريق من العمال المهرة الأذكياء الذين يعملون في اصلاح أجهزة الراديو وأجهزة التسجيل وما إليها ، وهؤلاء يمكنهم أن يضيفوا إلى معارفهم وتجاربهم المكتسبة « من السوق » والممارسة - وأحياناً بطريقة بدائية أولية - يمكنهم أن يضيفوا إلى ذلك معارف وتجارب تزيد مهارتهم وتعينهم على دخول ميدان جديد سيكون في المستقبل القريب من أبواب العمل والرزق ، فقد بدأت أجهزة الترانزستور تغمر السوق وسيصيدها شيء من العطب . . . فهل تلقى في سلة المهملات . . . ؟

* * *

بعد أن أختمرت فكرة الكتاب وتحددت أهدافه جاء دور التنفيذ . . . كيف يتم الاخراج . . . ؟

بدأنا بفرض أن القارئ الذكي المشاير يريد أن يعرف وهو لا يعرف إذن . . . فأول مهمة أن تعد له تكملة من المعلومات العلمية

الأكاديمية ، لذلك أفردنا لها باباً ؛ لأعطاء فكرة سريعة مبسطة عن النظريات والمبادئ الأولية لبعض موضوعات في الكهربية والمغناطيسية وتركيب الذرة ، نمارأينه لازماً لمتابعة موضوعات الكتاب الأساسية (الباب الثاني) .

وبعد أن تبين أن الترانزستور بدأ يغزو الأنابيب الإلكترونية المعروفة وأخذ يزيحها ليحل محلها ويعمل عملها أصبح لزاماً أن يعالج موضوع الأمواج اللاسلكية والأنابيب الإلكترونية لتسهيل المقارنة الوظيفية (البابان الثالث والرابع) .

وكمقدمة للدخول في الموضوع الأساسي أفرد باباً لأنصاف الموصلات وباللورة عنصر الجرمانيون النقية والمشوبة التي تكون المادة الأساسية للترانزستور (الباب الخامس) .

وقسمت الدراسة الباقية للترانزستور إلى قسمين رئيسيين :

القسم الأول : ويشمل المعالجة العلمية لنظرية عمل الترانزستور ثم صناعته في المنزل وفي التجارة .

أما القسم الثاني : « القسم العملي » فيشمل استخدامات الترانزستور في الأغراض العملية والأجهزة المستعملة في الحياة في دوائر وعي فيها ما يلي :
أولاً : بوبت تبويبا يسهل على المنفذ مهمته فيجد :

(١) رسم الدائرة وعلى كل جزء فيها رمز خاص .

(ب) قائمة بالأدوات والقطع اللازمة مشاراً إليها بنفس الرموز المبينة على الرسم ، مع مراعاة التعريف الدقيق بكل قطعة بوضع موصفاتها الكاملة ، والمستعملة في السوق .

(ح) توضيح طريقة بناء الاجزاء المركبة (أن وجدت) وطريقة توصيل القطع والاجزاء ببعضها مع أبراز الاحتراسات اللازمة .

(٥) في النهاية خلاصة لشرح النظرية العلمية التي يؤدي الجهاز عمله بمقتضاها بقدر ما وسعنا الجهد من تبسيط واختصار .

ثانياً : نفذت غالبية الدوائر الواردة بمعرفة المؤلف تنفيذاً فعلياً وجربت وأدخلت بعض التعديلات ، أما للحصول على نتائج أفضل أو للإستعاضة عن القطع التي لا يمكن الحصول عليها من السوق المحلية .

ثالثاً : تضمنت قائمة القطع والادوات في الدوائر التي جربت بياناً له الأهمية القصوى لدى الهواة ، وهو بيان الاسعار وأماكن الشراء ، حيث قد لمسنا بسابق خبرتنا أن عدم معرفة الهاوي بذلك يعتبر من أهم الأسباب التي تقعده عن إشباع وتحقيق هوايته ، حيث يتهيب التنفيذ ، أو حتى التفكير فيه ، خشية التورط في تكاليف لا قبل له بها . والآن يمكنه أن يضع ميزانيته ويعرف طريقه إلى شراء ما يريد .

رابعاً : ذيل هذا القسم بباب للاختبارات المختلفة لمعرفة كفاءة وصلاحيه كل جزء عند التوصيل والتعديل اللازم للحصول على أحسن النتائج ، ثم بيان بطرق إصلاح الأخطاء والعيوب التي قد يكشف عنها الاختبار .

ومن هذا التبويب يتيسر للهاوي - الذي يريد تركيز اهتمامه على النواحي العملية وحدها - أن يمر مر الكرام على القسم النظري ، وإن كنا لا ننصح بهذا مطلقاً حيث أن معرفة الفكرة النظرية تجعل المنفذ لإحدى الدوائر العملية بناء على إدراكه الحكمة من كل خطوة ومرحلة ، أقدر على التصرف .

واستكمالاً للفائدة واستحداثاً لنوع من الصلة بين المؤلف والقارئ يسرنا أن يتصل بنا كل هاو يلحظ عند التنفيذ ملحوظة يريد أن يستوضحها أو تعديلاً يريد اقتراحه ، فإنه من الأمور الكثيرة الحدوث في الأوساط العلمية في كل مكان ، أن بعض الهواة الأذكياء ، بعد أن يفهموا ويهضموا الأفكار الأساسية ، يمكنهم التصرف بل وتصميم دوائر وتوصيلات ينفذونها

ويجربونها ويحصلون منها على نتائج باهرة... يسرنا أن تتكون بيننا وبين هؤلاء صلة علمية .

وتوجد في نهاية الكتاب ورقة قابلة للانفصال يستطيع القارئ تضمينها ملاحظته وإرسالها .

وبعد.. لا أخالنا في حاجة إلى الإشادة بالقيمة النفعية للترانزستور والاجهزة المكونة منه ، فهذه القيمة من أن نشغل بتعدادها وليس أقلها شأننا صغر حجم أجهزته مما تقتضيه الضرورة الملحة أحياناً كما في الاجهزة المعينة على السمع ، وضآلة استهلاكها للتيارات الكهربائية ، وسهولة نقلها وحملها وتشغيلها .

وأخيراً نرجو أن نكون قد وفقنا في مهمتنا بمحاولة تحقيق الهدف الذى قدرناه وفي إطار الموضوعات التى رأينا — فى تقديرنا — أنها كافية لتعريف القارئ العربى العزيز بذلك الجهاز العظيم « الترانزستور » .
والله ولى التوفيق ؟

المؤلفان

محتويات الكتاب

الباب الأول

تمهيد وتعريف

نظرة خاطفة عما هو الترانزستور — نظرة تاريخية — مكانة الترانزستور بالنسبة للصمام الالكتروني — تطوير صناعة الترانزستور .

الباب الثاني

مبادئ في الكهرباء واللاسلكي

المجال المغناطيسي والمجال الكهربى والمجال الكهرومغناطيسى — خطوط القوة . الالكترتون والتيار الكهربى . المواد الموصلة والعازلة — المواد النصف الموصلة . مصادر التيار الكهربى — البطاريات الكهربائية (العمود البسيط — عمود دانيال — عمود لاكلانشيه — العمود الجاف — العمود الثانوى — المرحم) — المولد (الدينامو) — البطاريات الشمسية — البطاريات الذرية . أنواع التيارات الكهربائية — خواص التيار الكهربى (القوة الدافعة الكهربائية — شدة التيار — المقاومة) . عدد الذبذبات أو التردد — الموجات الكهربائية البسيطة والموجات المركبة — طول الموجة . أثر الحرارة فى المقاومات . التأثير السطحى . التوصيل — توصيل المقاومات (على التوالى — على التوازى) . القدرة . الطاقة — تعريف عام بالمقاومة — الكفاءة . المكثفات والسعة (وحدات السعة — المكثفات المستخدمة فى أجهزة الراديو — جهد التفريغ — توصيل المكثفات على التوازى والتوالى) . الطور (الاطوار فى الدوائر التى تحتوى على مقاومة — المكثف

وتأثير توصيله في دائرة متصلة بمصدر للتيار المتردد). العوامل التي تؤثر في التيار المتردد (المقاومة والممانعة — الحث ورد الفعل التأثيرى للملفات — السعة ورد فعل المكشفات) — الدوائر الكهربائية التي تحتوى على ملفات أو مكشفات أو هما معاً متصلة بمصدر للتيار المتردد (١ — دوائر تحتوى على مقاومة وملف. ب — دوائر تحتوى على مقاومة ومكشف. ح — دوائر تحتوى على ملف ومكشف). الرنين في الدوائر الكهربائية — معامل القدرة. المحولات (المحول ذو القلب الحديدي — كفاءة المحول — الممانعة في المحولات — المحولات الذاتية). التحصيل. النظرية الذرية الحديثة.

الباب الثالث

الموجات اللاسلكية

أنواعها — انعكاسها — الطبقات المتأينة الموجودة حول الكرة الأرضية وشروط انعكاس الموجات اللاسلكية عليها.

الباب الرابع

الانبوبة الالكترونية

تعريفها — الصمام الثنائى — عمل الصمام الثنائى — الصمام الثلاثى — الثيراترون — الصمام الرباعى — الصمام الخماسى — الصمامات ذات الأقطاب العديدة — الصمامات ذات الوحدات العديدة.

الباب الخامس

انصاف الموصلات

تعريفها — تركيب ذرة الجرمانيوم — البلورة النقية من الجرمانيوم — بلورة

الجرمانيوم المشوبة - بللورة الجرمانيوم المشوبة بالزرنيك (السالبة) -
بللورة الجرمانيوم المشوبة بالبورون (الموجبة) .

الباب السادس

البللورة الثنائية

تركيبها - توصيلها بمصدر للتيار المستمر - توصيلها بمصدر للتيار المتردد -
عملية التقويم التي تقوم بها البللورة الثنائية ونظرية تشغيلها .

الباب السابع

نظرية الترانزستور وصناعته

نظرية الترانزستور - الترانزستور ذو الأقطاب المتلاصقة (السالبة
الموجبة السالبة) والترانزستور ذو الاقطاب المتلاصقة (الموجبة السالبة
الموجبة) والترانزستور ذو نقطتي التلامس - صناعة الترانزستور : -
طريقة نمو البللورة المتلاصقة - طريقة النمو بالحركة المتغيرة السرعة -
طريقة اللحام لتكوين سبيكة .

أنواع الترانزستور - ترانزستور الخطاف - الترانزستور وحيد القطب -
الترانزستور ذو الحاجز السطحي - الترانزستور ذو الاقطاب المتلاصقة
الموجبة . السالبة . الانديوم . الموجبة - الترانزستور ذو الاقطاب المتلاصقة
السالبة . الموجبة . الانديوم . السالبة - الترانزستور الطافي - الترانزستور
ذو القاعدة المنتشرة .

استخدام السطوح المتلاصقة بين المواد النصف الموصلة في أجهزة
أخرى - الموحد الثنائي ذو القاعدة المزدوجة - موحد زينر - الثرميستور -
الموحد الثنائي الضوئي - اشكال الترانزستور وحجوهه .

الباب الثامن

صناعة الترانزستور بالمنزل وطرق اختباره

كيفية صناعة الترانزستور بالمنزل - الأدوات والمعدات - أماكن الحصول على الأدوات - خطوات العمل - ملاحظات يجب مراعاتها عند تركيب الترانزستور - طرق التحقق من صلاحية الترانزستور - قياس المقاومات في أجزاء الترانزستور - اختبار النقط الحساسة في الترانزستور - تحديد كل من الطرف المجمع والطراف الباعث للترانزستور - جهاز اختبار الترانزستور .

الباب التاسع

دوائر عملية يدخل الترانزستور في تركيبها

أولاً : أجهزة الاستقبال :

١ - راديو بترانزستور واحد يمكن تثبيته في اصبع اليد في حجم علبة الكبريت .

الأدوات - طريقة توصيل الدائرة - كيف يعمل الجهاز .

٢ - جهاز استقبال يحتوى على ثلاثة ترانزستورات .

الأدوات - توصيل الدائرة الكهربائية للجهاز - كيف يعمل الجهاز - تشغيل الجهاز .

٣ - جهاز تكبير يمكن توصيله بالجهاز الأول ليقوم بعملية الاستقبال ويحتوى على خمسة ترانزستورات :

الأدوات - توصيل الدائرة - كيفية تشغيل الجهاز ونظرة عمله .

ثانياً : أجهزة مساعدة السمع .

جهاز سمع يحتوى على ثلاثة ترانزستورات ومحولين .

ثالثا : أجهزة الارسال .

١ — جهاز ارسال يحتوى على ترانزستور واحد .

٢ — جهاز إرسال يحتوى على ترانزستورين .

رابعا : أجهزة يستخدم فيها الترانزستور في أغراض أخرى .

١ — جهاز اتصال متنقل بترانزستورين .

٢ — الحارس الصامت .

الباب العاشر

صيانة وإصلاح أجهزة راديو الترانزستور

البطاريات — المكتفات — الدوائر المطبوعة — طريقة العمل في

الدوائر المطبوعة — قياس الجهد — قياس شدة التيار .

المراجع .

الباب الأول

تمهيد وتعريف

نظرة خاطفة عما هو الترانزستور

لا بد أن تتساءل أيها القارئ العزيز ما هو الترانزستور؟
قبل أن ندخل في التفاصيل المتعلقة بالترانزستور ، يجدر بنا أن نقدم
لك الترانزستور في أبسط صورة له .

الترانزستور إن هو إلا جهاز يقوم بالوظائف الأساسية التي يقوم
بها الصمام المعروف والمسمى بالصمام الالكتروني الشائع الاستعمال في
أجهزة الراديو والتليفزيون .

إذن فكل المهام التي يؤديها الصمام الالكتروني يمكن أن يقوم
الترانزستور بها بل وبطريقة أفضل ، وستأتي الإشارة في ثنايا هذا الكتاب
إلى أوجه فضله عليه .

ويعني القول السابق أن الترانزستور يستطيع أن يقوم بعملية التكبير
Amplification التي يقوم بها الصمام الالكتروني أينما مست الحاجة إلى
هذه العملية ، وبذلك يكون التيار الخارج من الترانزستور (أو الصمام
الالكتروني) أكبر من التيار الداخل فيه ومتناسباً معه من حيث
شدته وضعفه .

وزيادة على ذلك فإن الترانزستور (كذا الصمام) يمكن أن يكون من
وظيفة التحكم في الكهربية في دائرة غير الدائرة الأساسية التي تتضمنه .

ويتركب الصمام الالكتروني المعروف لنا من فقاعة زجاجية تكون

عادة مفرغة من الهواء تفريغاً تاماً تقريباً وأحياناً تكون ممتلئة بغاز خامل مثل غاز النيتروجين أو غاز الهليوم . ويوجد بداخل هذه الفقاعة الزجاجية ثلاث مكثفات رئيسية وهى :

١ - الفتيل Filament وهو مصنوع من معدن يقاوم مرور التيار الكهربى ويسخن عند مروره فيه فتتطلق منه شحنات كهربية سالبة تعرف بالكهارب أو الالكترونات .

٢ - لوح معدنى أو مصعد Plate وهو يحيط بالفتيل ويوصل بمصدر كهربى ذى جهد موجب فيقوم بجذب الكهارب التى تنطلق عند تسخين الفتيل .

٣ - شبكة معدنية Grid وتوجد بين الفتيل واللوح ويمكن بتغيير جهدها التحكم فى كمية الكهارب التى تمر من الفتيل إلى اللوح .

أما الترانزستور فهو أبسط فى التركيب ولو أنه ليست له هذه البساطة عند صناعته أو عند توصيله فى الدوائر الكهربائية . ويتركب الترانزستور من قطعة من معدن الجرمانيوم يتصل بها ثلاثة أسلاك :

١ - سلك يسمى بالقاعدة ، Base .

٢ - سلك يسمى بالمجمع ، Collector .

٣ - سلك يسمى بالباعث ، Emitter .

هذا هو الترانزستور فى أبسط مظهره .

كيف يعمل الترانزستور ..؟ ما الفرق بينه وبين الصمام الالكترونى ..؟ ما مميزات الترانزستور على الصمام الالكترونى ..؟ ما هى الدوائر والأغراض التى يستخدم فيها الترانزستور ..؟ كل هذا ما ستقرؤه خلال الصفحات والسطور القادمة ...

نظرة تاريخية

حدث ذلك في سنة ١٩٤٨ بينما كان اثنان من المشتغلين في معامل الابحاث الملحقه بشركة بل للتليفونات بأمريكا وهما براتين Brattain وباردين Bardeen يتوافران على دولة الخواص السطحية للوحدة الثنائى البللورى Crystal Diode المصنوع من مادة نصف موصلة وهى الجرمانيوم^(١) ، فلاحظا أن عملية توصيل الجرمانيوم للتيار الكهربى يمكن التحكم فيها بوضع قطب اضافى على سطحه ، وهذه الظاهرة البسيطة هى التى ساعدت فيما بعد على صناعة الترانزستور ذى نقطتى التلامس Point Contact Transistor الذى أدى بناء على خصائصه من حيث تسكير التيارات الكهربائية التى تدخله إلى استخدامه كمكبر عوضا عن الصمام الالكترونى المعروف .

وقد لوحظ فى هذا الجهاز كثير من العيوب التى كادت أن تثبط الهمم ومنها :

١ - التشويش Distortion فقد كان مقداره كبيراً بالنسبة لما ينتج عند استعمال الصمامات الالكترونية .

٢ - أن خصائصه تتأثر بقدر كبير بتغير درجة رطوبة الجو ودرجة حرارته .

(١) الجرمانيوم هو ذلك العنصر الذى يشبه الحديد والذى استخدم قديما فى ملء تجاويف الأستنان ، والذى استخدم فى عمل موحديات ثنائية للكشف عن الموجات اللاسلكية فى أجهزه الرادار أثناء الحرب العالمية الثانية . ومنذ ذلك الوقت بدأ « عصر الجرمانيوم » حيث أخذ الباحثون فى دراسة هذا المعدن . واستخدمه فى مهمة الكشف Detection حيث وجد أن البللور المصنوعة منه توصل التيار الكهربى فى اتجاه معين ولا تسمح بتوصيلة فى الاتجاه المضاد . وقد ظلت البحوث على هذا العنصر تسير قدما على مر السنين حتى ابحاث برتين وباردين سنة ١٩٤٨ .

٣ - أنه كان سهل الكسر عند تعرضه لأقل الصدمات ويتلف بسرعة مع كثرة الاستعمال .

وفي يوليو سنة ١٩٤٩ قام و. شوكلى W. Shockley وهو أيضاً من المشتغلين في معامل أبحاث شركة بل للتليفونات بأمريكا بنشر بحث له عن إمكان صناعة ترانزستور من نوع جديد سماه الترانزستور ذا الاقطاب المتلاصقة^(١) Junction Transistor . وبعد مدة وجيزة أمكن اخراج هذا النوع إلى حيز الوجود . وأهم فرق بين هذا النوع والنوع ذى نقطتى التلامس هو أن التيار الكهربى يمر خلال سطح كبير من قطعة الجرمانيوم بدلا من مروره فى نقطة بسيطة وفى هذه الحالة يستغل تلامس مساحة كبيرة من قطع الجرمانيوم فى التوصيل بخلاف ما يحدث فى الترانزستور ذى نقطتى التلامس حيث لا يستغل فيه إلا نقطة صغيرة هى موضع اتصال كل من طرفى الترانزستور بقطعة الجرمانيوم .

ولقد وجد أن الترانزستور ذا الاقطاب المتلاصقة يفضل الترانزستور ذا نقطتى التلامس من ناحيتى تقليل التشويش والتعرض للتلف والكسر . وقد بذلت بعد ذلك محاولات كثيرة على الترانزستور ذى الاقطاب المتلاصقة تتجه نحو تحسين طرق صناعته والوصول إلى أقصى ما يمكن من الميزات التى يمكن الحصول عليها من هذا النوع حتى سنة ١٩٥١ عندما أمكن تحسين طرق الحصول على سبائك الجرمانيوم للوصول بها إلى أنواع متلاصقة من الترانزستور حيث وصل العلماء إلى صناعة ترانزستور من النوع ذى الاقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة الموجبة (+ - +) وهو

(١) هذا النوع يتركب كما سيرد شرح ذلك من ثلاث قطع متصلة من الجرمانيوم قطعتان (Negative, N, -) سالبتان بينهما قطعة موجبة (Positive, p, +) ويرمز له بالرمز سالب موجب سالب أو (- + -)

عكس النوع السابق في ترتيب قطع الجرمانيوم ومعظم الترانزستورات التي تباع في الأسواق في هذه الأيام تصنع من هذا النوع وبهذه الطريقة .

وفي سنة ١٩٥٣ أمكن لبعض الباحثين من علماء شركة فيلكو إيجاد طرق جديدة للحصول على أنصاف موصلات فعالة ونشطة بدرجة كبيرة وقد أدى ذلك إلى صناعة نوع جديد من الترانزستور يسمى ذو الحاجز السطحي Surface Barrier Transistor وهو يختلف في طريقة توصيله عن الطرق المستخدمة فيها النوع ذو الأقطاب المتلاصقة .

وفي خلال السنوات التي تلت سنة ١٩٥٣ حتى الوقت الحاضر قامت عدة هيئات غير شركتي بل للتليفونات وفيلكو بصناعة نماذج من الترانزستورات بعضها له مميزات أساسية ويختلف عن الأنواع السابقة وأهمها :

١ — الترانزستور ذو الأقطاب المتلاصقة موجب — سالب — انديوم موجب P. N. I. P.

٢ — الترانزستور ذو الأقطاب المتلاصقة سالب — موجب — انديوم سالب N. P. I. P.

٣ — الترانزستور الطافي Drift Transistor .

٤ — الترانزستور ذو القاعدة المنتشرة Diffused Base Transistor

٥ — السباسيستور Spacistor

وخلال المدة التي حدثت فيها كل هذه التطورات في صناعة الترانزستور وأنواعه التي كان من أهمها النوع ذو الأقطاب المتلاصقة ، كانت هناك محاولات دائمة مستمرة لتحسين خواص المواد النصف الموصلة Semiconductors ذاتها التي تقوم عليها صناعة الترانزستورات . ولقد كانت

(٢) الترانزستور

أهم هذه التطورات والتحسينات هي التي أمكن بها تحسين صفات عنصر السيليكون كمادة نصف موصلة وقد صنعت منه ترانزستورات تمتاز عن الأنواع المستخدمة فيها الجرمانيوم بتحملها لدرجات حرارة عالية دون أن يحدث ذلك أى نقص فى كفاءتها أو عملها ، بعكس الترانزستورات المصنوعة من الجرمانيوم التي لا تتحمل التغيرات الكبيرة فى درجات الحرارة . ولقد كان معظم الدراسات السابقة خلال العشر السنوات الماضية منصبة على عنصر الجرمانيوم كمادة نصف موصلة ، ولم يأخذ السيليكون مكانه فى صناعة الترانزستورات إلا منذ وقت قصير ، ولذلك فإن الطرق الصناعية التي تستخدم مع السيليكون ما زالت فى مراحلها الأولى . والترانزستورات المصنوعة حالياً من عنصر السيليكون لم تصل بعد إلى الدرجة التي يمكن عندها الاعتماد عليها ، ولكن تحملها لدرجات عالية من الحرارة يغطي هذا العيب . كما أنه قد اكتشفت مواد أخرى نصف موصلة مثل زرنيخيد الجاليوم Gallium arsenide وأنتيمونيد الانديوم Indium antimonide وهناك تفكير فى استخدامهما فى صناعة الترانزستورات فأما الأول فله ميزة السيليكون من حيث تحمله للحرارة الشديدة دون حدوث تغير يذكر فى عمله كقوم أو كمكبر بل يفضله فى ذلك كثيراً وهذه الخاصية لها أهميتها فى بعض الأجهزة الإلكترونية التي لا بد من تعرضها لدرجات حرارة عالية كما يحدث غالباً لأجهزة الأقمار الصناعية وسفن الفضاء التي تتعرض لدرجات حرارة عالية عند اختراقها لطبقات الهواء الجوى عند انطلاقها من الأرض أو رجوعها إليها ، ومن خصائص أنتيمونيد الجاليوم حرية حركة الإلكترونات فيه مما يجعله صالحاً للاستعمال فى الدوائر الكهربائية ذات التردد العالى . وبالرغم من أن هاتين المادتين قد أمكن الحصول عليهما فى الحالة البلورية إلا أن بلوراهما ما زالت غير نقية ليتمكن استعمالهما فى صناعة الترانزستورات من أنواع جيدة .

والآن ونحن في عصر الذرة حيث البحوث الذرية تشغل الأذهان وأصابت قدراً لا يستهان به من التقدم فقد وجد أنه يلزم وجود أجهزة الكترونية يمكن أن تقوم بعملها في الأجواء الملوثة بالاشعاعات النووية الناشئة من تفجير الذرة في حين أن الترانزستورات لسوء الحظ قد وجد أنها تتأثر تأثيراً كبيراً بالاشعاعات النووية . إذن فمهمة العلماء في هذا العصر متجهة إلى تركيز الأبحاث وبذل الجهود للوصول إلى ترانزستورات لا تتأثر بالاشعاعات الناتجة من المفاعلات النووية .

مكانة الترانزستور

بالنسبة للصمام الإلكتروني حالياً ومستقبلاً

ما أن اكتشف الدور الذي يقوم به الترانزستور حتى تلقفته دور الصناعة لتفيد من ذلك الجهاز الدقيق الذي يقوم بأعمال جسام . إذ أن إمكان صنع أجهزة خفيفة الوزن دقيقة الحجم طويلة العمر قليلة الاستهلاك للتيار الكهربى كانت فى نفسها من أهم أهداف الصناعة واستطاع استخدام الترانزستور تحقيقها .

وأول ما قامت به دور الصناعة عندما أصبح الترانزستور فى حكم المستعمل من الناحية التجارية أن ادخل فى تركيب أجهزة لمساعدة ذوى السمع الضعيف ؛ ونحن نعلم ما يجب أن تكون عليه مثل هذه الأجهزة من دقة فى الصنع وصغر فى الحجم وقلة للإستهلاك الكهربى وهى ميزات لا يستطيع الصمام الإلكتروني تحقيقها . كما قامت بعض شركات السيارات باستخدام أجهزة الراديو المستعملة فى سياراتها من النوع المستخدم فيه الترانزستور توفيراً لأجهزة لازمة للحصول على جهد كهربى مرتفع عند استعمال أجهزة الراديو ذات الصمامات الإلكترونية ، كذلك بالنسبة لكثرة ما يحدث للسيارة من اهتزازات عنيفة مما قد يسبب تلفاً للصمامات الإلكترونيه يجعل استعمال الترانزستور عوضاً عن الصمام الإلكتروني أمراً ظاهر الأهمية .

هذا بالإضافة إلى أنه يمكن استخدام الترانزستور بدلاً من الصمامات الإلكترونيه فى أجهزة الاستقبال فى القرى والأقاليم التى لا يوجد بها تيار كهربى عام ، فلا نحتاج إلى بطاريات لا تلبث أن (تفرغ) وتحتاج إلى تجديد

مما يعطل الجهاز فترة من الزمن حتى يستعاض عنها ، فضلا عن المصاريف التي يتكلفتها مالك الجهاز من آن لآخر .

وقد قامت شركة بل للتليفونات باستخدام الترانزستور في أجهزة الاتصال الأوتوماتيكي ، ولما كانت هذه الأجهزة يدخل في تركيبها مجددات للتيار Relays كبيرة الحجم معقدة التركيب وتستهلك مقادير كبيرة من الكهرباء ، فقد أمكن الاستعاضة عن هذه المجددات - بالترانزستور ، وبذلك أمكن توفير الحيز الذي تشغله المجددات وتوفير كميات كبيرة من التيار الكهربائي فضلا عن بساطة التركيب .

وفي غير هذه الأغراض استخدم الترانزستور في كثير من الأجهزة الإلكترونية المعقدة التركيب مثل العقول الإلكترونية والآلات الحاسبة مما جعل تركيب هذه الأجهزة أسهل بكثير منه عند استخدام الصمامات الإلكترونية وقلل كثيراً من الحجم التي تشغلها هذه الأجهزة . والجدير بالملاحظة أن الترانزستور قد بز الصمام الإلكتروني في جميع الميادين التي نحتاج فيها إلى حجم صغير واستهلاك كهربائي ضئيل مع قدرة على احتمال الصدمات دون تأثير .

تلك هي الميزات التي يمكن في هذه العجالة أن نذكرها للترانزستور على أنه من الوجهة الأخرى له بعض العيوب على رأسها الحساسية لدرجات الحرارة المرتفعة ، كذلك من عيوبه ارتفاع ثمنه إرتفاعا يبلغ في المعتاد ثلاثة أمثال ثمن الصمام . ولا يزال الصوت في أجهزة الراديو المستخدم فيها الترانزستور تشوبه كثير من الأصوات غير المرغوب فيها (التشويش) .

وكل هذه العيوب هي موضع البحث والعناية ، ولن تهدأ لرجال الصناعة همة حتى يتغلبوا عليها ، وتدل الأبحاث التي ترد تباعا أنهم في طريق النجاح لأداء هذه المهمة .

وثمة ميادين أخرى بدأ الترانزستور يغزوها واستطاع أن يقوم في تركيبات كهربيه هامة مكان بعض الأجهزة المعروفة ولمستخدمة في مختلف هذه الميادين في الحياة العامة ، نذكر منها على سبيل المثال لا على سبيل الحصر ، أنه أمكن استخدام الترانزستور بدلا من الخلية الضوئية الكهربائية photoelectric cell حيث يمكنه أن يحول اختلافات الضوء إلى اختلافات في التيار الكهربى مناسبة للاختلافات الضوئية ، وهو الجهاز المستخدم في السينما الناطقة وأجهزة حراسة الخزائن .

وقصارى القول فإن الترانزستور قد دخل في تركيب عديد من الأجهزة التى نستخدمها في حياتنا العامة والتى يعود الفضل إليها في زيادة متعتنا ورفاهيتنا في هذه الحياة .

تطوير صناعة الترانزستور

ان التطور والتقدم في صناعة الترانزستور خلال الثمانى السنوات الأخيرة يكاد يماثل ما حدث من التطور في صناعة الصمامات الالكترونية خلال أربعين سنة . وقد أمكن الآن صناعة بعض نماذج من الترانزستور تستطيع أن تعمل مع تيار كهربى يصل تردده إلى ١٠٠٠ مليون ذبذبة في الثانية وما تزال هذه النماذج في طور التجريب والاختبار .

أما من جهة القدرة الكهربائية فقد أمكن صناعة ترانزستور يمكنه أن يتحمل من قدره الكهربائية ما تبلغ قيمته ١٠٠ واط . ومن ناحية التشويش سارت الأبحاث قدما حتى أمكن تقليله في النماذج المصنوعة أخيراً إلى حد كبير للغاية .

كذا لوحظ أن عمر الترانزستور يقاس بالسنوات (وقد ذكرت

بعض المصادر العلمية الموثوق بها أن الترانزستور يمكن أن يبقى عاملاً وفي حالة جيدة مدة تصل إلى أربعين سنة (وذلك بخلاف الصمام الإلكتروني الذي يقاس عمره بالساعات .

وقد سبقت الإشارة ضمن عيوب الترانزستور أنه لا يمكنه العمل عند درجات الحرارة المرتفعة وقد أدت الأبحاث إلى صناعة نماذج منه تتحمل درجات حرارة عالية تتراوح بين ٣٧٥ ، ٥٠٠ درجة مئوية .

حين ننظر إلى المستقبل نجد أن الترانزستور سوف يحتل مكانة ضخمة في مجال الأجهزة الإلكترونية . فيمكن باستخدامه في دوائر كهربائية مختلفة صناعة أجهزة حاسبة وعقول الكترونية على نطاق تجارى بحيث يمكن حفظ الوثائق والمستندات والمخترعات الهامة فيها بسهولة . كذلك فقد يصبح بالإمكان استعمال البطاريات الذرية والبطاريات الشمسية التي تعمر مدة تصل إلى ٢٥ سنة في تشغيل أجهزة استقبال وإرسال يعمل فيها الترانزستور ، بل ويمكن كذلك استعمال الترانزستور ضمن دوائر كهربائية حاسبة توضع في السيارات بحيث يمكن للسائق أن يترك السيارة تقود نفسها إلى مكانها بعد عمليات ضبط بسيطه لأجهزة القيادة .

الباب الثاني

مبادئ في الكهربية واللاسلكي

لعله من المستحسن قبل بدء الدراسة التفصيلية الترانزستور أن نذكر بعض المصطلحات اللازمة في المغنطيسية والكهربية وبعض العلاقات بين عواملها المختلفة ليتيسر متابعة التوضيح اللازم لذلك . ولن نتعرض للتفصيلات في هذا الصدد ولا للعلاقات الرياضية إلا بالقدر الذي لا يمكن الاستغناء عنه ، والذي بدونه لا يسهل الفهم الشامل لموضوعات هذا الكتاب بالنسبة للقارئ الذي لم تتح له الفرصة للتعلم في الدراسة العلمية المتصلة بهذه الموضوعات .

المجال المغنطيسي والمجال الكهربائي والمجال الكهرومغنطيسي

المجال المغنطيسي : وهو منطقة تحيط بالمغنطيس من جميع نواحيه ويظهر فيها آثاره بحيث يمكنه خلال هذه المنطقة جذب برادة الحديد أو جذب مسامير حديدية .

المجال الكهربائي : هو منطقة تحيط بأى شحنة كربية بحيث تظهر خلال هذه المنطقة آثار الشحنة الكهربائية .

ولسلك مجال سواء كان مغنطيسيا أو كهربيا شدة معينة تتوقف على عوامل ، فشدة المجال المغنطيسي تكون في النقطة القريبة من المغنطيس أكبر من شدته على مسافة بعيدة عنه . وتزداد شدة مجال المغنطيس كلما زادت قوة تمغنطه وتقل بنقصها .

والمجال المغنطيسي الثابت ينشأ من مغنطيس ثابت ، والمجال الكهربائي

الثابت ينتج عن شحنة كهربية ثابتة ، أما إذا تغيرت شدة المجال المغنطيسى فإنها تنتج مجالاً كهربياً وكذلك إذا تغيرت شدة المجال الكهربى أنتجت مجالاً مغنطيسياً . وقد استغلت العلاقة بين المجالين المغنطيسى والكهربى فى صنع المولدات والمحركات الكهربية وفى تكوين التيارات التأثيرية .

المجال الكهرومغنطيسى : هو مجال يتكون من المجالين المغنطيسى والكهربى وكلاهما فى حالة تغير . وتستخدم المجالات الكهرومغنطيسية فى الاتصالات اللاسلكية .

خطوط القوة

ويتكون كل مجال من خطوط تسمى خطوط القوة وهى خطوط وهمية . ويمثل عدد خطوط القوة الموجودة فى سنتيمتر مربع واحد ، شدة المجال فى هذه المنطقة . وتزداد شدة المجال كلما زاد عدد خطوط القوة وتقل بقلتها .

الالكترىون والتيار الكهربى

الالكترىون : عبارة عن جسيم صغير جداً يوجد داخل جميع ذرات العناصر وعليه شحنة كهربية سالبة . والذرات هى الواحدات الصغيرة التى تتركب منها كافة المواد ، وسيأتى ذكر تركيب الذرات تفصيلاً فى باب خاص ، ولكن يهمنى الآن معرفة أن هذه الالكترىونات الصغيرة يمكنها أن تنتقل من ذرة إلى ذرة أخرى ويسبب انتقالها على هذا النحو مرور تيار كهربى .

التيار الكهربى : وهو عبارة عن عدة شحنات متتالية متحركة تنشأ من وجود قوة دافعة كهربية أو ما يسمى فرق جهد مستمر بين نقطتين فى دائرة كهربية .

أما شدة هذا التيار الكهربى فتقدر بكمية الشحنات الكهربية (وهى

تمثل تجمعات من الالكترونات) التي تمر بنقطة معينة في الدائرة الكهربائية في الثانية .

المواد الموصلة والمواد العازلة

تسمى المواد التي يمكن أن تتحرك خلالها الالكترونات بسهولة بالمواد الموصلة أما المواد التي لا تسمح بإطلاق إلكتروناتها من ذراتها مهما استخدمنا لذلك من جهد كهربى فتسمى بالمواد العازلة أو غير الموصلة

Insulators

ومن أمثلة المواد الموصلة المعادن والكربون (فحم المعرجات والجرافيت).
ومن أمثلة المواد العازلة الخشب والهواء الجاف الصيني والأقمشة والزجاج والمطاط والمواد الصمغية .

المواد النصف الموصلة

أشرنا إلى أن المواد بالنسبة للتوصيل الكهربى تنقسم إلى موصلة وعازلة ، والواقع أن درجة التوصيل تختلف من مادة إلى أخرى فليس هناك مواد تامة التوصيل وأخرى تامة العزل ، بل هناك مواد بين الدرجتين تسمى الأجسام النصف الموصلة تسمح للتيار بالمرور بدرجة متوسطة ، وهذه المواد هى التي نطلق عليها اسم أنصاف الموصلات مثل السيليكون والسيلينيوم والأنديوم والجرمانيوم ، وهى مواد لها شأن كبير إذ تلعب دوراً ضخماً في صناعة الترانزستور ، وسنشهد في الحديث عنها في الأبواب التالية .

مصادر التيار الكهربى

يمكن الحصول على التيار الكهربى من عدة مصادر مختلفة يمكن تقسيمها إلى أربعة أنواع رئيسية :

١ - مصادر مبنية على التفاعلات الكيميائية وتشمل الأعمدة بأنواعها.

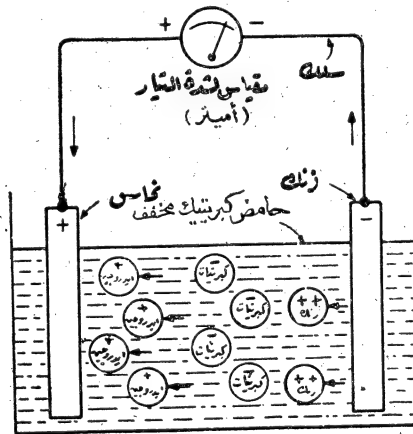
٢ - مصادر مبنية على إنتاج تيارات كهربية تأثيرية من قطع أسلاك لخطوط قوة مغنطيسية كما في المولد (الدينامو) .

٣ - مصادر مبنية على تحويل الطاقة الضوئية إلى تيار كهربى مثل الخلية الشمسية .

٤ - مصادر تحول الطاقة الذرية إلى تيار كهربى مثل الخلية الذرية .
وسنورد فى هذا الجزء معلومات مختصرة على كل نوع من الأنواع السابقة .

أولاً : الأعمد الكهرية

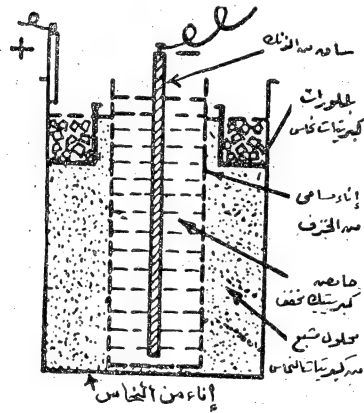
(١) العمود البسيط : يتركب كما فى شكل (١) من لوحين أحدهما من النحاس والآخر من الخارصين (الزنك أو التوتيا) ومغمورين فى إناء



شكل (١) رسم توضيحي للعمود البسيط

من الزجاج مملوء بحامض الكبريتيك المخفف (الحامض الذى يستعمل فى ملء بطاريات السيارات ويمكن الحصول عليه من توكيلات السيارات) .
ويمثل لوح النحاس القطب الموجب ويمثل لوح الخارصين القطب السالب

لهذا العمود . وتبلغ القوة الدافعة الكهربائية التي تنتج من هذا العمود حوالى ١,٢ فولت . ولهذا العمود عيوب أهمها تأكل لوح الخارصين إذا ترك مدة طويلة في ملامسة الحامض دون الحصول على تيار كهربى من العمود هذا بالإضافة إلى ضعف التيار الذى ينتج من العمود عند استعماله مدة طويلة . وقد أمكن عمل بعض التعديلات فى هذا العمود بحيث تقلل من عيوبه وتجعله صالحاً للاستعمال لمدة طويلة دون أن يضعف ، مع المحافظة على مكوناته من التآكل عند عدم الاستعمال . ولعله من المفيد أن نذكر أن هناك عموداً بسيطاً محوراً من هذا العمود يستخدم مع بعض أجهزة الترانزستور الذى سوف يرد وصف تركيبه وصفاً مفصلاً فى حينه .



شكل (٢) رسم توضيحي لعمود دانيال

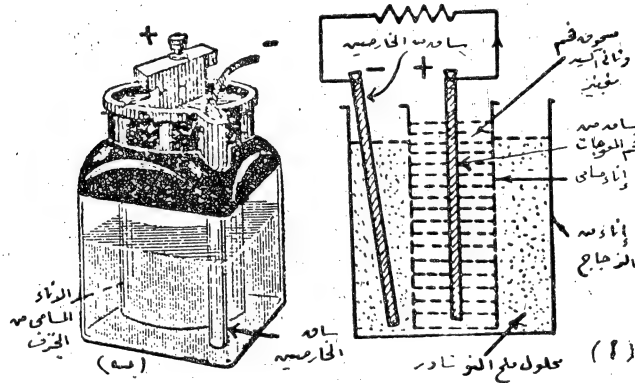
(ب) عمود دانيال : يتركب كما فى شكل (٢) من إناء نحاسى عميق يملأ بمحلول مشبع من كبريتات النحاس الزرقاء (تعرف عند العطار باسم التوتيا الزرقاء) ويوجد على الجدار الداخلى لهذا الإناء النحاسى رف توضع عليه كمية من بلورات كبريتات النحاس تكون ملامسة للمحلول على الدوام حتى يمكن الاحتفاظ بالمحلول مشبعاً طول مدة تشغيل العمود . ويوضع داخل الإناء النحاسى إناء مسامى من الخزف مملوء بحامض الكبريتيك المخفف ويغمر فى

الحامض ساق من الخارصين ويمثل الإناء النحاسي الخارجى القطب الموجب للعمود وتمثل الساق الخارصينية القطب السالب للعمود. والقوة الدافعة للعمود تساوى تقريباً وحدة الجهد وهى الفولت. ويستخدم هذا العمود بكميات كبيرة للحصول على التيار الكهربى اللازم للتليفونات بعد توصيل عدد ضخم من هذه الأعمدة توصيلاً مناسباً. ولهذا العمود ميزات أهمها :

١ — أن قوته الدافعة ثابتة وتياره ثابت .

٢ — لا يحدث ضعف فى التيار الذى يخرج منه .

وله بعد ذلك عيوبه التى يصعب معها استخدامه فى الأجهزة المتقلة وذلك لأن به سائلين يزيدان من صعوبة نقله واستعماله .



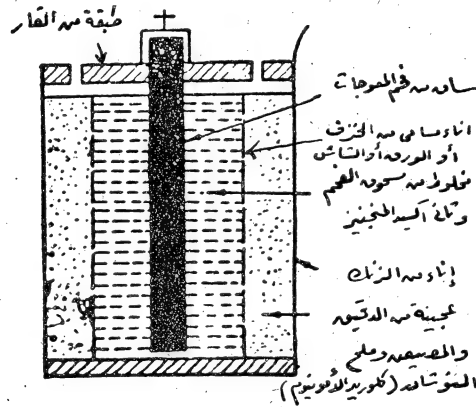
بيان تركيبه وتوصيله منظر عام لعمود ليكلانشيه

شكل (٣) رسم توضيحي لعمود ليكلانشيه

(ح) عمود ليكلانشيه : ويتركب كما فى شكل (١٣ ، ب) من إناء زجاجى

مملوء بمحلول من ملح النوشادر (وهو مادة صلبة بيضاء يستخدمها « السمكرى » فى تنظيف كاوية اللحم ويستخدمها « مبيض النحاس » فى اختزال الحلل النحاسية قبل وضع القصدير عليها) ويوجد داخل هذا الإناء إناء آخر

من الخنزف المسامي به ساق من فحم المعوجات وسط مخلوط من مسحوق الفحم وثاني أكسيد المنجنيز . ويمثل ساق الفحم القطب الموجب للعمود . وبداخل الإناء الزجاجي ومغمور في المحلول أيضاً ساق من الخارصين تمثل القطب السالب للعمود . ويستعمل هذا العمود عادة في الأرياف لدق الأجراس الكهربائية وتشغيل التليفونات البعيدة عن المدن . وللعمود ميزات أهمها أن قوته الدافعة تبلغ ١,٥ فولت أى قدر القوة الدافعة للعمود دانيال مرة ونصف تقريباً . أما من ناحية عيوبه فإن التيار الكهربى الذى يخرج منه يضعف عند استعماله مدة طويلة .

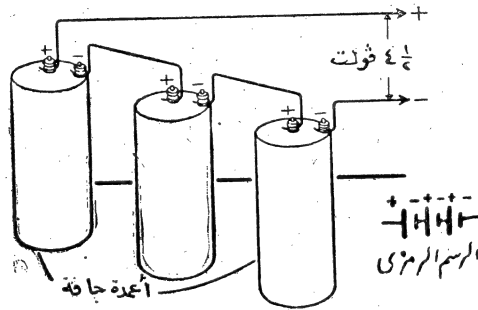


شكل (٤)

رسم توضيحي للعمود الجاف

(د) العمود الجاف : يتركب كما في شكل (٤) من إناء من الخارصين توضع بداخله عجينة من ملح النوشادر والدقيق والمصيصة وذلك لكي تظل العجينة لينة ومسامية طول مدة عمل العمود وفي وسط العجينة يوضع إناء من مادة مسامية كالخنزف أو الورق أو الشاش في وسطها ساق من الكربون حوله مخلوط من مسحوق الفحم وثاني أكسيد المنجنيز ويمثل ساق الكربون القطب الموجب للعمود وإناء الخارصين يمثل القطب السالب له . ويلاحظ

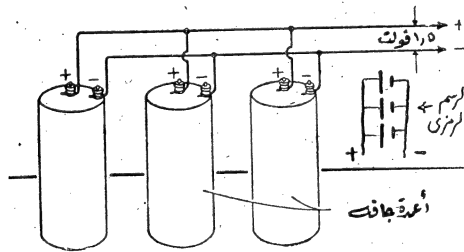
أن هذا العمود هو تحويل لعمود ليكلانشيه ويمتاز عنه بصغر حجمه وخفة وزنه وعدم وجود سوائيل به تعوق استعماله في الأجهزة المتنقلة. وأما عيوبه فهي نفس عيوب عمود ليكلانشيه من حيث ضعف التيار الذي يخرج منه عند تشغيله لمدة طويلة. وتستعمل الأعمدة الجافة في إضاءة مصابيح الجيب وفي تشغيل أجهزة الاستقبال المتنقلة وفي بعض الساعات وأجهزة التسجيل المتنقلة.



شكل (١٥)

رسم يبين كيفية توصيل الأعمدة على التوالي

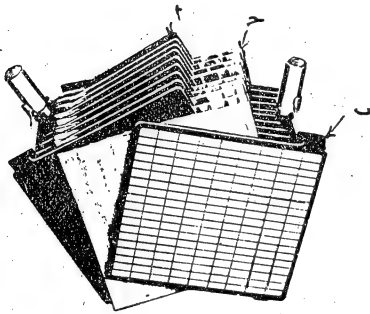
وتوصل الأعمدة للحصول على جهد كبير على (شكل ١٥) وتوصل على التوازي للحصول على تيار كبير شكل ٥ ب .



شكل (٥ ب)

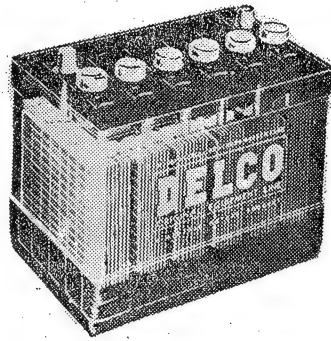
رسم يبين كيفية توصيل الأعمدة على التوازي

(هـ) العمود الثانوى أو المرمك : ويتركب كما فى شكل ١٦ ، ب ، ج من مجموعة من ألواح الرصاص تمثل القطب السالب ومجموعة أخرى من ألواح الرصاص متبادلة الوضع مع المجموعة السابقة ومغطاة بطبقة من فوق أكسيد الرصاص البنى وتمثل القطب الموجب للمرمك . وكلتا المجموعتين موضوعتان داخل إناء عازل مملوء بحامض الكبريتيك المخفف . وتستعمل الأعمدة الثانوية فى السيارات والطيارات وعربات السكك الحديدية والعجلات البخارية وفى



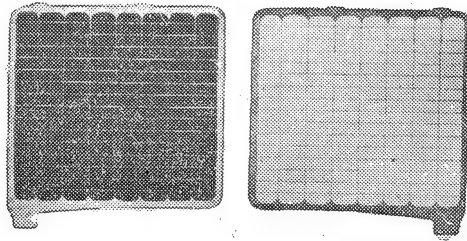
شكل (٦ ب)

ألواح المرمك الداخلية المكونة للقطبين الموجب والسالب والعازل الموجود بينهما



شكل (١٦)

شكل عام للبطارية المستخدمة فى السيارات وهى مكونة من ستة أعمدة ثانوية موصلة على التوالى تنتج ١٢ فولت



شكل (٦ ج)

منظر أمامى لكل من أحد ألواح القطب الموجب وأحد ألواح القطب السالب .
اللوحة الأسود من ألواح القطب الموجب - الرصاص المغطى بفوق أكسيد الرصاص ، واللوحة الأبيض من ألواح القطب السالب رصاص أسفنجي .

أجهزة الإضاءة الشديدة الخاصة بالتصوير وفي بعض الولاعات الكهربائية وأهم ميزاتها :

١ - كبر القوة الدافعة الكهربائية لكل عمود منها إذ تبلغ في المعتاد ٢,٢ فولت .

٢ - اختزانها لكميات كبيرة من التيار .

٣ - يمكن الحصول منها على تيارات كهربائية كبيرة الشدة .

٤ - يمكن إعادة شحنها وتفريغها عدداً كبيراً من المرات دون أن تتلف وأما عيوبها :

١ - وجود الحامض بها يجعلها عرضة لإتلاف الثياب والأجهزة التي تستعمل فيها .

٢ - ثقيلة الوزن كبيرة الحجم غالباً ، مما يجعل استخدامها محدوداً في الأجهزة التي تلزمها كميات كبيرة من التيار الكهربائي خلال وقت قصير .

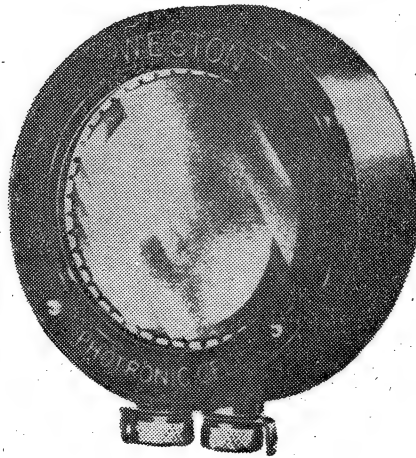
ثانياً : المولد (الدينامو)

يتركب من ملف من السلك النحاسي المعزول يمكن إدارته في وسط قطبي مغناطيس قوى . ويمكن الحصول على التيار الذي ينتج في الملف بدورانه بين قطبي المغناطيس بواسطة فرشيتين تلامسان طرفي الملف . وهذا النوع ينتج عنه تيار يتغير في شدته واتجاهه من لحظة إلى أخرى عدداً من المرات يختلف باختلاف سرعة الدوران . ويعرف هذا التيار بالتيار المتردد الذي سوف يأتي تفصيله في جزء تال من هذا الكلام . ويمكن بواسطة بعض الترتيبات الميكانيكية الحصول من المولد على تيار ثابت في شدته واتجاهه مماثل إلى حد كبير التيار الذي ينتج من الأعمدة والبطاريات التي سبق شرحها ويعرف بالتيار المستمر . وأبسط أنواع المولدات تستخدم في الدراجات لتوليد التيار

اللازم لإضاءة المصابيح المركبة فيها . ويستخدم كذلك النوع الذى ينتج التيار المستمر فى السيارات لشحن البطاريات الموجودة بها . وفى التليفونات الغير الأوتوماتيكية المستخدمة فى الأرياف يوجد بداخلها مولد كهربى صغير يستخدم لإحداث الاتصال بين المتكلمين . وفى محطات القوى الكهربائية التى تقوم بتغذية منازلنا ومصانعنا بالتيار الكهربى توجد مولدات ضخمة مبنية على نفس الأساس السابق . وفى أجهزة الأرسال المتنقلة تستخدم مولدات مناسبة لها للحصول على التيار الكهربى الذى يلزم لتشغيل صماماتها الألكترونية ودوائرها الكهربائية وتمتاز المولدات عن البطاريات فى أنها لا « تفرغ » بالاستعمال مهما طال الزمن . ولو أن أهم عيوبها كبر حجمها ووزنها واحتياجها إلى مصدر دائم للحركة .

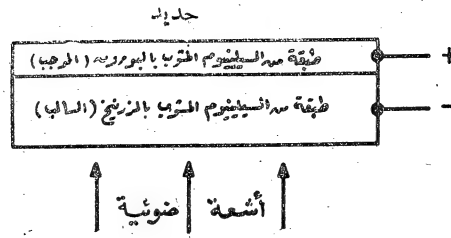
ثالثاً : البطاريات الشمسية

وتتركب كما فى شكل ١٧ ، ب من مجموعة من وحدات صغيرة كل منها



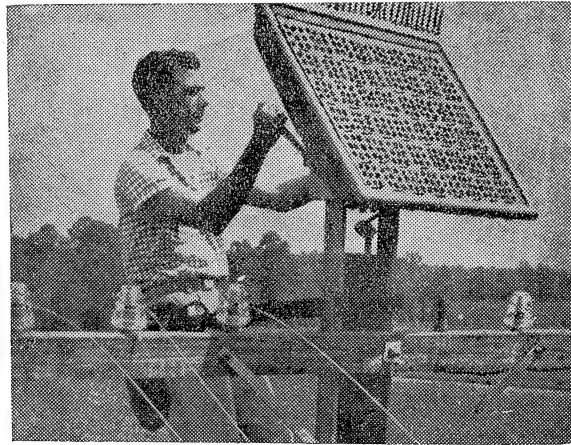
شكل (١٧)

منظر لأحدى الخلايا الشمسية



شكل (٧ ب)
مقطع عرضي في الخلية الشمسية ليان تركيبها

عبارة عن قطعة من الحديد قد رسبت عليها طبقة من السيليเนียม الموجب أى الذى أضيفت إليه كمية من عنصر البورون وترسب فوق هذه الطبقة طبقة أخرى من عنصر السيليเนียม السالب أى الذى قد أضيفت إليه كمية محدودة من عنصر الزرنيخ . وعند تعرض هذه الوحدة للضوء الشمسى تتكون فيها كمية من الشحنات الكهربائية تسرى من لوح الحديد إلى الطبقة الخارجية وهى السيليเนียม السالب فيصبح الحديد موجبا والسيليเนียม السالب سالبا . وقد استعملت شركة بل للتليفونات ٤٣٢ وحدة من هذه الوحدات فى تغذية مجموعة من التليفونات المركبة فى الأرياف بالتيار الكهربى (شكل ٨) وقد



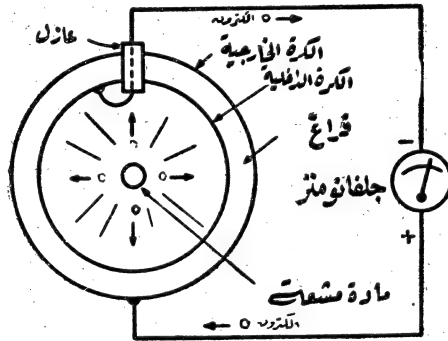
شكل (٨)

منظر للبطارية الشمسية المكونة من ٣٢ خلية والمستخدمه فى تزويد مجموعة خطوط
تليفونية بالتيار الكهربى

ولدت هذه الوحدات ١٠ واط وهى كمية كبيرة بالنسبة لما أريد استعماله
وأمكن اختزان الطاقة الكهربائية الفائضة فى بطاريات مناسبة يمكن الحصول
منها على التيار الكهربى أثناء الليل .

رابعاً : البطاريات الذرية

تتركب كل وحدة كما فى شكل (٩) من كرتين معدنيتين مجوفتين إحداهما
داخل الأخرى والفراغ الموجود بينهما قد أخلى تماماً من الهواء . ويوضع
فى المركز المشترك للكرتين كمية من بعض المركبات المشعة التى تطلق



شكل (٩)

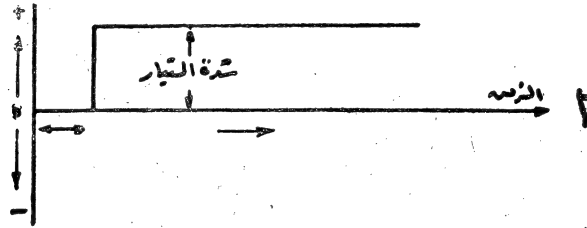
مقطع طولى فى الخلية الذرية وطريقة الحصول منها على التيار الألكترونى

ألكتروناتها إلى السطح الداخلى للكرة الداخلية فتتجمع عليها وتسبب
تكون شحنة كهربية سالبة تؤثر فى الكرة الخارجية وتكون شحنة أخرى
موجبة ويمكن الحصول منها على كميات كهربية صغيرة ولكن برغم هذه
الكميات الصغيرة فقد وجد أنه يمكن تشغيل مثل هذه البطاريات زمناً طويلاً
قد يصل إلى بضعة مئات من السنين دون أن « تفرغ » .

أنواع التيارات الكهربائية

أولاً — التيار المستمر : إذا أخذنا التيار من عمود بسيط (مصدر للتيار

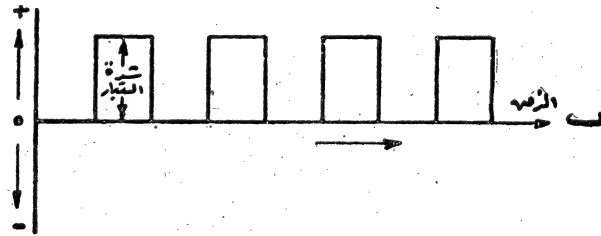
المستمر) وأمر في دائرة كهربية فإن التيار يبلغ نهايته العظمى فجأة ويستمر (في المعتاد) محاذاً على هذه النهاية، ثم إذا قطع التيار تهبط قيمته إلى الصفر فجأة ويمثله الرسم البياني المبين بشكل (١١٠) وهو يدل على العلاقة بين التيار والزمن.



شكل (١١٠)

المنحنى البياني الذي يدل على العلاقة بين الزمن وشدة التيار المستمر

ثانياً — التيار المتقطع: إذا سار التيار في دائرة كهربية واستمر ثابتاً لفترة ثم قطع، أي وصل للصفر فجأة، وبعد فترة أعيد امراره لفترة أخرى ثم قطع وهكذا فإن مثل هذا التيار يسمى بالتيار المتقطع. ويمكن تمثيل هذا التيار بالرسم البياني التالي الذي يبين العلاقة بين شدة التيار والزمن شكل (١٠ ب).



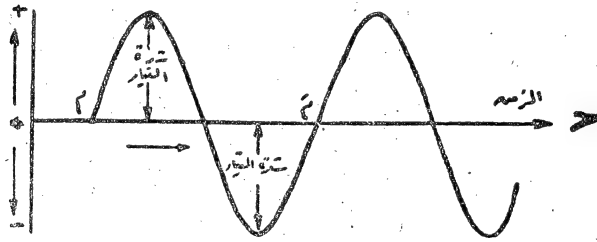
شكل (١٠ ب)

المنحنى البياني الذي يدل على العلاقة بين الزمن وشدة التيار المتقطع

ثالثاً — التيار المتردد^(١): وفيه تزداد شدة التيار مع الزمن بالتدرج

(١) التعبير المستخدم والذارج في الكتب على لسان المشتغلين بدراسة الكهربائية هو تعبير « التيار المتردد » وإن كان من المستحسن تسميته بالتيار المتناوب فدلالة هذه التسمية أقرب إلى الدقة، ولو أننا سنستخدم تعبير التيار المتردد لأنه هو التعبير الدارج.

حتى تبلغ نهاية عظمى تقل بعدها بالتدريج حتى الصفر وبعدها تزيد بالتدريج أيضاً ولكن في الاتجاه المضاد حتى تصل إلى نهاية عظمى تعود بعدها بالتدريج إلى الصفر وتستمر شدة التيار في التغير بهذا النظام ويمكن تمثيل مثل هذا التيار بالرسم البياني التالي وهو يوضح العلاقة بين شدة التيار والزمن شكل (١٠ ح) .



شكل (١٠ ح)

المنحنى البياني الذي يدل على العلاقة بين الزمن وشدة التيار المتردد

خواص التيار الكهربى

للتيار الكهربى ثلاث خواص :

١ — القوة الدافعة الكهربائية : ويرمز لها بالحروف ق.د.ك وهى القوة التى تسبب دفع التيار الكهربى داخل الأسلاك ووحدتها هى الفولت وهو يساوى تقريباً القوة التى تنشأ من عمود واحد من أعمدة دانيال . ونما تجد الإشارة إليه أن القوة الدافعة للعمود الجاف المستخدم فى إضاءة مصابيح الجيب = ١.٥ فولت تقريباً والقوة الدافعة للتيار المستخدم فى المنازل إما ١١٠ أو ٢٢٠ فولت .

٢ — شدة التيار : ويرمز لها بالرمز (ت) . ينتج من القوة الدافعة الكهربائية أن يسير التيار الكهربى فى الدائرة الكهربائية ، والسرعة التى يسير بها يعبر عنها بشدة التيار ووحدتها (الأمبير) وهو ذلك التيار الذى إذا مر فى جزء طوله ١ سم من سلك منحن على شكل دائرة نصف قطرها ١ سم لانتج

مجالاً مغناطيسياً في مركز هذه الدائرة شدته الوحدة . وتتراوح شدة التيار الكهربى الذى يمر فى أسلاك المنزل عند إضاءة كل المصابيح الموجودة فيه بين ١٠ ، ٥ أمبير .

٣ — المقاومة : هناك علاقة بين القوة الدافعة الكهربائية وشدة التيار الناتجة منها بحيث يكون بينهما تناسب طردى ، أى أنه لو زادت القوة الدافعة الكهربائية إلى الضعف زادت تبعاً لذلك شدة التيار إلى الضعف .

والنسبة ^(١) الثابتة بين القوة الدافعة الكهربائية أو فرق الجهد وبين شدة التيار تتوقف على طبيعة الموصل الذى يمر فيه التيار وتسمى المقاومة . ووحدتها الأوم وهى المقاومة الناشئة عن مرور تيار قوته الدافعة فولت واحد وشدة أمبير واحد . والوحدات المستخدمة فى شدة التيار والقوة الدافعة الكهربائية والمقاومة وهى الأمبير والفولت والأوم لها أجزاء ومضاعفات تستخدم فى الأعمال الكهربائية المستخدمة فى أجهزة الإرسال والاستقبال اللاسلكية والجدول الآتى يبين بعض المصطلحات التى تضاف إلى أسماء الوحدات .

الميكرو = $\frac{1}{1000000}$ ويرمز له بالرمز m

المللى = $\frac{1}{1000}$ ويرمز له بالرمز m

الكيلو = ١٠٠٠ ويرمز بالرمز K

الميجا = ١٠٠٠٠٠٠ ويرمز له بالرمز M

فمثلاً الميكرو فولت يساوى $\frac{1}{1000000}$ من الفولت

والميج أوم يساوى ١٠٠٠٠٠٠ أوم

(١) تعرف هذه العلامة بقانون أوم $(\frac{ق}{م} = م)$

وعلى ذلك فهناك مليون ميكرو فولت فى الفولت الواحد وهناك
٠,٠٠٠٠١, ميج أوم فى الأوم .

التردد أو عدد الذبذبات فى الثانية

لقد عرفنا أن التيار المتردد يمر بمراحل متغيرة فى شدته مع تغير الزمن
ويحدث هذا التغير فى شدة التيار أثناء مروره فى اتجاه ثم ينعكس اتجاهه ويمر
بنفس المراحل السابقة من زيادة تدريجية ثم نقصان تدريجى . وعند ما يحدث
هذا التغير فى الاتجاهين المتضادين يقال إن التيار الكهربى قد حدث فيه
موجة كاملة أو ذبذبة أو دورة كاملة م م شكل (١٠ ح) وقد يحدث فى التيار
الكهربى عدة ذبذبات أو اهتزازات أو دورات كاملة فى الثانية وهى تسمى
التردد وقد تصل إلى عدة بلايين ويسمى التيار فى هذه الحالة تيار عالى التردد
(H. F.) كما فى بعض الموجات اللاسلكية ، فى حين أنه قد يبلغ بضع
دورات فى الثانية كما فى التيار المتردد الذى نستخدمه فى إضاءة منازلنا (من
٤٠ — ٦٠ ذبذبة فى الثانية) .

وتسمى الترددات بين ٣٠,٠٠٠ ، ٣ ذبذبة فى الثانية بالترددات المسموعة
لأن الترددات المناظرة لها فى الصوت تؤثر فى الأذن . ويرمز للترددات
المسموعة بالرمز Audio Frequency (A. F.) والتيارات الكهربائية التى
يلعب ترددها هذا العدد من الاهتزازات فى الثانية تغذى السماعات أو مضخمات
الصوت لكى تهتز وتنتج الأصوات المسموعة .

والترددات بين ٣٠,٠٠٠ ، ١٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ (عشرة بلايين ذبذبة فى
الثانية) تسمى بالترددات اللاسلكية Radio Frequency ويرمز لها بالرمز
(R. E.) وعدد الاهتزازات التى يصنعها التيار المتردد من هذا النوع كبيرة
جداً ، ولذا فبدلاً من استخدام وحدة (الذبذبة فى الثانية) لتمييز هذا التردد ،

فقد اختيرت وحدة أكبر لتمييز هذه الترددات العالية وهي وحدة (الكيلو سيكل) وتساوى ١٠٠٠ ذبذبة في الثانية ويرمز لها بالرمز (K. C.) وهناك وحدة أخرى أكبر من السابقة وهي (الميجا سيكل) وتساوى ١٠٠٠٠٠٠ (مليون) ذبذبة في الثانية M. C. وقد قسمت الترددات التي تستخدم في الأعمال اللاسلكية إلى سبعة أقسام وهي :

١ - من ١٠ - ٣٠ كيلو سيكل ويسمى بالتردد المنخفض جداً ويرمز له بالرمز v. l. f.

٢ - من ٣٠ - ٣٠٠ كيلو سيكل ويسمى بالتردد المنخفض ويرمز له بالرمز l. f.

٣ - من ٣٠٠ - ٣٠٠٠ كيلو سيكل ويسمى بالتردد المتوسط ويرمز له بالرمز m. f.

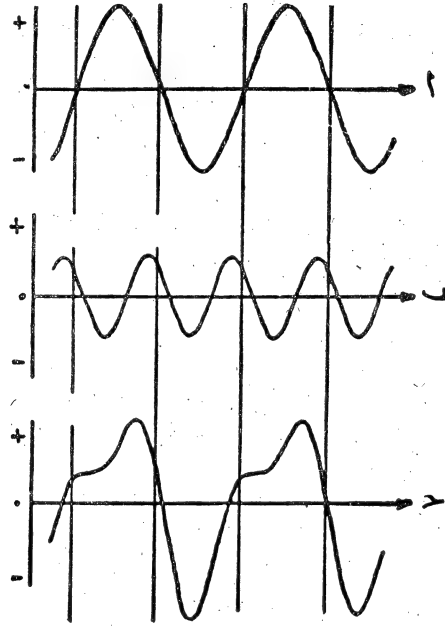
٤ - من ٣ - ٣٠ ميجا سيكل ويسمى التردد العالي ويرمز له بالرمز h. f.
٥ - من ٣٠ - ٣٠٠ ميجا سيكل ويسمى التردد العالي جداً ويرمز له بالرمز v. h. f.

٦ - من ٣٠٠ - ٣٠٠٠ ميجا سيكل ويسمى التردد العالي (الترا) ويرمز له بالرمز u. h. f.

٧ - من ٣٠٠٠ - ٣٠٠٠٠ ميجا سيكل ويسمى التردد العالي (سوبر) ويرمز له بالرمز s. h. f.

الموجات الكهربائية البسيطة والموجات المركبة : إذا كان التيار الكهربائي يتبع موجات ذات تردد ثابت معين فتعتبر هذه الموجات بسيطة ، ولكن يمكن أحيانا اصدار أكثر من موجة في آن واحد ، فإذا كانت هناك موجتان مثلاً غير متناسقتين لكانت النتيجة موجة غير منتظمة ، أما إذا كانت إحدى الموجتين مساوية (أو ضعف أو ثلاثة أمثال الأخرى) في التردد

لنتج منهما موجة متناسقة تسمى الموجة المركبة . ويبين شكل (١١ ، ب ، ح)



شكل (١١) رسم بياني لموجة ذات تردد معين

شكل (١١ ب) رسم بياني لموجة ذات تردد ضعف الأول

شكل (١١ ح) رسم بياني للموجة المركبة منها

موجة مركبة من موجتين الأولى منخفضة التردد وتسمى الموجة الأساسية والأخرى ترددها ضعف تردد الأولى (يمكن أن يكون ثلاثة أو أربعة أو خمسة أمثال ... الخ) وتسمى بالموجة التوافقية الثانية (أو الثالثة أو الرابعة أو الخامسة ... الخ) . ويمكن الحصول على موجة مركبة أكثر تعقيداً باستخدام موجة أساسية ومجموعة من الموجات التوافقية المصاحبة لها .

طول الموجة : إذا فرضنا وجود مصدر للتيار المتردد يصنع عدداً من

الترددات قدره (ت)ذبذبة في الثانية ، فبعد ثانية واحدة تكون الموجات قد قطعت مسافة معينة قدرها (ع) وهذه المسافة تعرف بسرعة الموجات . وتشغل هذه المسافة (ت) من الذبذبات فتكون كل موجة قد شغلت مسافة قدرها $(\frac{ع}{ت})$ ويسمى هذا المقدار بطول الموجة . فإذا عرفنا أن الموجات اللاسلكية تسير بسرعة الضوء أى ٣٠٠٠٠٠٠ كيلو متر في الثانية (حوالى ١٨٦٠٠٠ ميل في الثانية) ، فيكون طول الموجة اللاسلكية يساوى $\frac{٣٠٠,٠٠٠,٠٠٠}{التردد} = \text{متر والتردد} = \frac{٣٠٠,٠٠٠,٠٠٠}{طول الموجة بالمتر} \text{ ذبذبة في الثانية} .$

ومن هاتين العلاقتين يمكن حساب طول الموجة اللاسلكية عند معرفة ترددها أو حساب تردد الموجة اللاسلكية عند معرفة طولها .

مثال : تذيع محطة صوت العرب في القاهرة على موجة طولها ٣٠ م فما هو ترددها ؟

$$\begin{aligned} \text{التردد} &= \frac{٣٠٠,٠٠٠,٠٠٠}{٣٠} = ١٠,٠٠٠,٠٠٠ \text{ ذبذبة في الثانية} . \\ &= ١٠٠٠٠ \text{ كيلو سيكل في الثانية} = ١٠ \text{ ميغا سيكل في الثانية} . \end{aligned}$$

أثر الحرارة في المقاومات

إن المقاومات تختلف في أشكالها وحجومها حسب استعمالها ، ويسبب مرور التيار الكهربى في المادة المصنوعة منها المقاومة ارتفاعا في درجة حرارتها وكلما زاد مقدار المقاومة كلما زاد الارتفاع في درجة الحرارة وتزداد كذلك كمية الحرارة التى تنطلق من المقاومة . والمقاومات المستعملة في مرور التيارات الكبيرة يجب أن تكون كبيرة الحجم حتى يمكنها أن تشع الحرارة التى تنطلق منها إلى الهواء الخارجى المحيط بها بسرعة ، حيث

أن المقاومة إذا لم تتخلص من الحرارة التي تنتج فيها بالسرعة الكافية فقد ترتفع درجة حرارتها إلى الدرجة التي تحترق فيها أو تنصهر عندها . والواقع أن تأثير تغير الحرارة على الدوائر من حيث مقاومتها ، له شأن كبير في سلامة وحسن أداء الأجهزة اللاسلكية للوظائف المطلوبة منها ، لذلك فقد وجهت الأبحاث إلى تلافي تأثير تغير الحرارة على هذه الدوائر الكهربائية بتصميم أجزاء منظمة للحرارة ستأتي الإشارة إليها في موضعها .

التأثير السطحي للموصلات

وثمة ظاهرة تجدر الإشارة إليها بمناسبة الحديث عن المقاومة ، إنه من الملاحظ — أن التيار — المستمر إذا مر في سلك فإنه يعاني مقاومة تتوقف على مساحة المقطع وطول السلك ونوعه . أما إذا كان التيار متردداً فتوجد عدة عوامل داخلية تعمل على إجبار التيار على المرور في الأجزاء الخارجية السطحية لمادة السلك ، وهذه القوة تقلل من أثر مساحة مقطع الموصل وبذلك تزداد المقاومة . وفي حالة التيارات ذات التردد المنخفض تكون الزيادة في مقاومة الموصل بالنسبة لها صغيرة وغير مهمة ، أما في حالة التيارات ذات التردد العالي فإن هذا التأثير السطحي يجعل التيار يكاد يمر معظمه في سمك سطحي صغير من مادة الموصل يصل إلى جزء من الـ ١٠٠٠ من البوصة . وبذلك تزداد مقاومة الموصل لهذا النوع من أنواع التيار زيادة كبيرة وتصبح مقاومة الموصل لهذا التيار أكبر بعدة مرات من مقاومته بالنسبة للتيار المستمر وتزداد هذه المقاومة كلما زاد تردد التيار المار في الموصل . وعلى ذلك فإنه إذا استخدمنا موصلين أحدهما أجوف والآخر مصمت ولهما مقطعان متساويان في المساحة لتوصيل تيار ذي تردد عال فإن مقاومتهما تكونان متساويتين لأنه في الموصل المصمت لن يمر تيار بوسطه وفي الحالتين يمر التيار في قشرة رقيقة على السطح .

التوصيل

التوصيل اصطلاح علمي يمثل مقلوب المقاومة ويساوى عدديا خارج قسمة (١ واحد صحيح) على المقاومة ، والدائرة ذات التوصيل الكبير تكون ذات مقاومة صغيرة ، والعكس صحيح . ويستخدم التوصيل في دراسة خصائص الصمامات الألكترونية . ووحدة التوصيل هي المهو * .
والموصل الذي تكون مقاومته ١٠٠٠ أوم يكون توصيله $\frac{1}{1000}$ أو ٠,٠٠١ مهو . وهناك وحدة صغيرة يمكن استخدامها مع الصمامات وهي (الميكرومهو وهو يساوى جزء من مليون من المهو) .

توصيل المقاومات

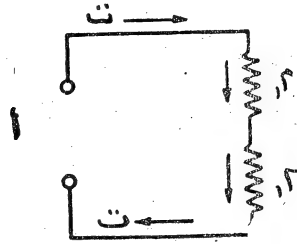
في كافة التوصيلات اللاسلكية نحتاج إلى مقاومات ذات مقادير معينة فتجدر الإشارة إلى طريقة حساب المقاومات عند توصيلها بالطرق المبينة .

ويمكن توصيل المقاومات بإحدى طريقتين رئيسيتين :

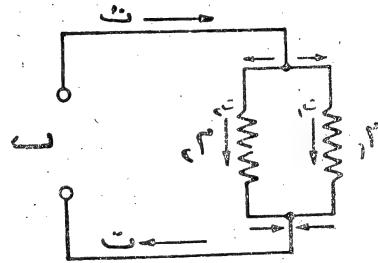
١ — التوصيل على التوالي : والدائرة المبينة بالرسم شكل (١١٢) تمثل كيفية توصيل مقاومتين على التوالي بمصدر للتيار المستمر . وفي مثل هذه هذه الدائرة يبدأ التيار من القطب الموجب للبطارية فيمر في المقاومة الأولى (المشار إليها على الرسم بالرمز R_1) ثم يمر في المقاومة الثانية (R_2) ثم يرجع إلى القطب السالب للبطارية . فإذا اجتمعت عدة مقاومات موصلة على

* فكر العلماء في اتخاذ هذه الوحدة بناء على أن التوصيل عكس المقاومة ، والمقاومة وحداتها الأوم OHM فتصح وحدة التوصيل (مقلوب المقاومة) MHO (مهو) وهي مقلوب كلمة OHM .

شكل (١١٢)
توصيل المقاومات على التوالي



شكل (١٢٠)
توصيل المقاومات على التوازي



التوالي فإن التيار يمر في المقاومة الأولى ثم يمر في الثانية ثم الثالثة وهكذا مبتدئاً من القطب الموجب للبطارية ومنتهاً عند القطب السالب للبطارية وهي مصدر التيار المستمر المستخدم في الدائرة . وتكون المقاومة الكلية لهذه المقاومات مساوية لمجموع هذه المقاومات ويمكن تمثيل ذلك بمعادلة بسيطة .

$$R = (R_1 + R_2 + R_3 + \dots)$$

مثال : إذا وصلت المقاومات ٨٠٠٠ ، ٢٠٠٠٠ ، ٥٠٠٠ أوم على التوالي بمصدر للتيار المستمر قوته الدافعة الكهربائية = ٢٥٠ فولت فما هي شدة التيار المار فيها .

$$R = 8000 + 20000 + 5000 = 33000 \text{ أوم}$$

$$I = \frac{E}{R} = \frac{250}{33000}$$

$$I = 0.00757 \text{ أمبير} = 7.57 \text{ مللي أمبير}$$

وينتج عند توصيل عدة مقاومات على التوالي بمصدر للتيار أن يوزع

فرق الجهد بين طرفي المصدر على أطراف المقاومات . ويتكون عند طرفي كل مقاومة فرق في الجهد يسمى الانخفاض أو هبوط الجهد . Voltage drop بحيث يكون مجموع فروق الجهد بين أطراف المقاومات مساوياً لفرق الجهد بين طرفي مصدر التيار الكهربى . ويمكن إيجاد هبوط الجهد أو فرق الجهد بين طرفي أى مقاومة من مجموعة المقاومات الموصلة على التوالى باستخدام قانون أوم الذى سبق شرحه . وفى المثال الذى سبق ذكره يمكن إيجاد فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة حسب المعادلات الآتية :

$$١ \text{ ج} = ت \times \text{م} = ٠,٠٧٥٧ \times ٥٠٠٠ = ٣٧,٩ \text{ فولت}$$

$$٢ \text{ ج} = ت \times \text{م} = ٠,٠٧٥٧ \times ٢٠٠٠٠ = ١٥١,٤ \text{ فولت}$$

$$٣ \text{ ج} = ت \times \text{م} = ٠,٠٧٥٧ \times ٨٠٠٠ = ٦٠,٦ \text{ فولت}$$

ومجموع هذه الفروق فى الجهد $= ٣٧,٩ + ١٥١,٤ + ٦٠,٦ = ٢٤٩,٩$ فولت وهو مقدار قريب جداً من فرق الجهد بين طرفي مصدر التيار (٢٥٠ فولت) وذلك لأننا قمنا بعمليات تقريب فى قيم الجهود المختلفة .

٢ — توصيل المقاومات على التوازى : كما هو مبين بالرسم شكل (١٢ ب) وفيه يبدأ التيار من القطب الموجب للبطارية (مصدر التيار المستمر) ثم يصل إلى النقطة المشتركة بين المقاومتين ثم ينقسم إلى قسمين جزء منه يمر فى المقاومة الأولى (١٢) والجزء الآخر يمر فى المقاومة الثانية (٢٢) ثم يجمع التيار مرة أخرى عند النهاية المشتركة بين المقاومتين ثم يمر إلى القطب السالب للبطارية .

وفى هذه الحالة تكون المقاومة الكلية لمجموعة المقاومات أقل من أصغر مقاومة فيها . وذلك لأن التيار الكلى يكون دائماً أكبر من التيار الذى يمر فى أى مقاومة من هذه المقاومات .

والقانون الذى يستخدم لإيجاد المقاومة الكلية (م) لمجموعه مقاومات
موصلة على التوازي هو :-

$$\dots + \frac{1}{r^2} + \frac{1}{r^2} + \frac{1}{r^2} = \frac{1}{m}$$

وإذا كانت هناك مقاومتان فقط موصلتين على التوازي فإن المقاومة
الكلية لها :-

$$m \text{ (الكلية)} = \frac{r^2 \times r^2}{r^2 + r^2}$$

$$\frac{\text{المقاومة الأولى} \times \text{المقاومة الثانية}}{\text{المقاومة الأولى} + \text{المقاومة الثانية}} = \text{المقاومة الكلية}$$

مثال : ما هى المقاومة الكلية لمقاومتين قدرهما ٥٠٠ ، ١٢٠٠ أوم
موصلتين على التوازي .

$$\text{المقاومة الكلية} = \frac{1200 \times 500}{1200 + 500} = \frac{600000}{1700} = 353 \text{ أوم تقريبا}$$

القدرة Power

قدرة التيار الكهربى = شدة التيار \times فرق الجهد

وتحسب شدة التيار بالأمبير وفرق الجهد بالفولت فتكون القدرة بالواط
والواط (Watt) هو وحدة القدرة الكهربائية

وهناك وحدات أكبر ووحدات أصغر من الواط ومنسوبة إليه وهى :
الكيلو واط = ١٠٠٠ واط .

$$\text{المللى واط} = \frac{1}{1000} \text{ واط .}$$

مثال : إذا كانت شدة التيار التي تمر في مصباح صغير للجيب = ٣ أمبير ويلزم لإضاءته بطارية قوتها الدافعة الكهربية ٦ فولت فما القدرة الكهربية لهذا المصباح ؟

$$\text{القدرة الكهربية للمصباح} = ٣ \times ٦ = ١٨ \text{ واط}$$

مثال آخر : ما هي شدة التيار اللازم مرورها في مصباح كهربى قدرته ١٠٠ واط إذا كان فرق الجهد اللازم بين طرفيه هو ٢٥٠ فولت .

$$\text{شدة التيار} = \frac{\text{القدرة}}{\text{فرق الجهد}}$$

$$\text{شدة التيار المار في المصباح} = \frac{١٠٠}{٢٥٠} = ٤ , \text{ أمبير} .$$

وفي بعض الأحيان يمكن إدخال المقاومة في حساب القدرة ، فحيث أننا نعلم من قانون أوم أن الجهد = شدة التيار \times المقاومة .
ف تكون القدرة = مربع شدة التيار \times المقاومة .

مثال : إذا كانت مقاومة مصباح كهربى للتيار هي ٤٠٠ أوم وكانت شدة التيار التي تمر فيه هي ١ أمبير فما قدرة هذا المصباح ؟

$$\text{قدرة المصباح} = ٤٠٠ \times ١ \times ١ = ١٠٠ \text{ واط} .$$

وفي حالات أخرى يمكن إدخال المقاومة في حساب القدرة بطريقة

$$\text{أخرى ، فحيث أننا نعلم أن شدة التيار} = \frac{\text{فرق الجهد}}{\text{المقاومة}}$$

$$\therefore \text{القدرة} = \frac{\text{مربع فرق الجهد}}{\text{المقاومة}}$$

مثال : إذا كان فرق الجهد اللازم توصيله بين طرفي مصباح كهربى هو ٢٠٠ فولت ، وكانت مقاومة السلك الموجود به هى ٤٠٠ أوم فاحسب قدرة هذا المصباح .

$$\text{قدرة المصباح} = \frac{200 \times 200}{400} = 100 \text{ واط}$$

والقدرة الكهربائية التى تمر فى المقاومات تتحول إلى حرارة ، وكلما زادت القدرة المارة فى المقاومة زادت بسرعة كمية الحرارة الناتجة عنها ولذلك فإن صانعى المقاومات يدخلون فى حسابهم هذه الحقيقة عند تصميمها وصنعها والمقاومات المستخدمة فى أجهزة الراديو تختلف فى أحجامها باختلاف كبرها وذلك باختلاف القدرة الكهربائية التى يلزم إمرارها فى هذه المقاومات . وأصغر المقاومات المستعملة فى أجهزة الراديو يمكنها أن تتحمل قدرة كهربية تساوى $\frac{1}{8}$ واط ، وأكبرها يمكنها تحمل قدرة كهربية تساوى ١٠٠ واط .

الطاقة ENERGY

تقوم شركات الكهرباء بحساب الطاقة التى نستهلكها فى منازلنا ولكنها لا تحسب القدرة الكهربائية (وهى مقدار الشغل المبذول بواسطة التيار الكهربى فى الثانية) . ونحن ندفع ثمن جميع الشغل الذى تقوم به الكهرباء . وننتفع به أثناء كل الوقت الذى نستعمل فيه الكهرباء .

والطاقة الكهربائية (وهى إمكان عمل شغل بواسطة الكهرباء) تساوى حاصل ضرب القدرة الكهربائية \times الزمن .
والوحدة المستخدمة لقياس الطاقة الكهربائية هى الواط/ساعة »

(*) هناك وحدة أكبر للطاقة الكهربائية وهى الكيلو واط ساعة = ١٠٠٠ واط ساعة وهى المستعملة فى المصانع والمنازل والمحلات التجارية .

وهي تساوى قدرة كهربية قدرها (واط) عندما نستهلكها خلال زمن قدره ساعة . ولتقريب العلاقة بين الطاقة والقدرة سوف نمثل خزان المياه الذى يوجد فوق سطوح منازلنا أو الخزان العام الذى يوجد فى وسط بلدنا بأنه مخزن للطاقة . وسعة هذا الخزان تمثل مقدار الطاقة التى يمكن توزيعها على المنازل المختلفة لإستهلاكها خلال زمن معين .

ولنفرض أن هناك صنبورين متساويين فى فتحتهما أحدهما أعلى المنزل والآخر فى الدور السفلى فيه . فعند فتح صنبور الماء فى الدور السفلى فسوف يندفع الماء بقوة ويمكن ملء دلو ذى حجم خاص بسرعة . أما عند فتح صنبور الدور العلوى فإن الماء يندفع ببطء مما يجعل نفس الدلو يمتلئ فى مدة أطول . ولو فرضنا وجود صنبورين فى دور واحد أحدهما له فتحة متسعة والآخر له فتحة ضيقة . فعند فتح الصنبورين يمتلئ الدلو فى زمن أسرع من الأولى وحدها أو الثانية وحدها والعامل الأول الذى سبب اندفاع الماء فى صنبور الدور السفلى بقوة واندفاعه فى صنبور الدور العلوى ببطء هو عامل الضغط الذى ينتج عن الفرق بين إرتفاع الماء فى الخزان ومكان الصنبور فالضغط فى الأولى أكبر منه فى الثانية . هذا الضغط المائى يمثل الجهد الكهربى تماما أما العامل الثانى الذى سبب إندفاع الماء فى الصنبور المتسع بكمية أكبر من إندفاعه خلال الصنبور الضيق هو إتساع فتحة الأول وضيق فتحة الثانى . هذا العامل يمثل شدة التيار الكهربى .

إذن فقدرة الصنبور على أخراج الماء يتوقف على العاملين ويساوى حاصل ضربهما وهما ضغط الماء على الصنبور وشدة التيار المائى الخارج منه وليست هناك وحدة خاصة لحساب قدرة الصنابير المختلفة .

ولسكن يلاحظ مثلا أن الصنبور الذى يركب فى حديقة المنزل ذو فتحة متسعة ليسكى يستطيع أن يخرج من الماء كمية تسكنى لرى الحديقة فى زمن وجيز

في حين أن الصنابير الداخلية للمنزل من النوع ذى الفوهة الضيقة لعدم الحاجة إلى كميات ضخمة من الماء في أزمنة وجيزه .

تعريف عام بالمقاومة

لا تتحول كل القدرة الكهربائية التي تمر في مختلف الدوائر إلى حرارة ، فمثلا في حالة المحرك (الموتور) يتحول جزء كبير من القدرة الكهربائية التي تدخله إلى قدرة ميكانيكية ويتحول الجزء الباقي منها إلى حرارة ، وكذلك في حالة أجهزة الاستقبال تتحول القدرة الكهربائية إلى قدرة صوتية وذلك عند تشغيل مضخم الصوت . وفي كل الحالات التي توصل فيها القدرة الكهربائية بالدوائر المختلفة فإنها تستهلك جميعا ولا يمكن استرجاعها . ولكي يقوم الجهاز الموصل بالقدرة الكهربائية بعمله خير قيام فلا بد من أن تكون هناك نسبة محددة بين الجهد اللازم وشدة التيار المار في الدائرة وهي النسبة التي سميناهم بالمقاومة حسب قانون أوم . أى أن كل دائرة كهربائية لها مقاومة معينة تكافئها . وتقوم هذه الدوائر كما تقوم المقاومات المكافئة لها بامتصاص القدرة الكهربائية التي توصل بها . ومادام الأمر كذلك فإن كل قطعة من قطع الأجهزة الإلكترونية يمكن إستبدالها بمقاومة مكافئة لها بحيث يمكن دراسة التيار الذي يمكن أن يمر في قطعة معينة في دائرة كهربائية وذلك بوضع المقاومة التي تكافئها بدلا منها .

الكفاءة Efficiency

عندما يستخدم التيار الكهربائي في بعض الأجهزة مثل الصمامات أو المحركات فإن القدرة الكهربائية الداخلة إليها لا ينتج عنها ، بعد مرورها في مراحل الجهاز المختلفة ، قدرة نافعة تساوى القدرة الداخلة بل يضيع قطعا جزء من هذه القدرة بتحويله إلى حرارة . وتقدر كفاءة الدائرة بأنها هي

النسبة بين مقدار القدرة النافعة الناتجة من الدائرة والقدرة الكهربائية الداخلة فيها . فمثلا في حالة الصمامات المستخدمة في أجهزة الإرسال تكون كفاءة الصمام مساوية لخارج قسمة القدرة الكهربائية ذات التردد العالي الخارجة من الصمام على قدرة التيار المستمر الذي يدخل الصمام .

$$\frac{\text{القدرة الخارجة}}{\text{القدرة الداخلة}} = \frac{\text{الكفاءة}}{\text{ق.خ}} = \frac{\text{ق.د}}{\text{ق.خ}}$$

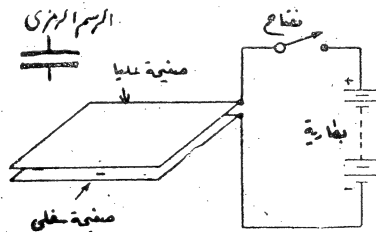
ومقدار الكفاءة عبارة عن كسر أقل من الوحدة وتميز القدرة الخارجة والقدرة الداخلة بالواط .

مثال : إذا كانت القدرة الداخلة لصمام مهتز هي ١٠٠ واط والقدرة الخارجة منه تساوي ٦٠ واط . فتكون الكفاءة مساوية للمقدار $\frac{60}{100}$ أو ٠,٦ . ويعبر عن الكفاءة دائما بأنها نسبة مئوية .

ولذلك فإن كفاءة الصمام المهتز السابق $= 60\%$

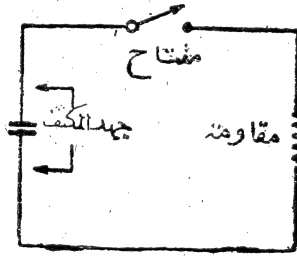
المكثفات والسعة Condensers & Capacitance

إذا فرضنا وجود صفيحتين من معدن متجاورتين ولكنهما غير متلامستين فتكون هاتان الصفيحتان متعادلتين كهربيا أى لا يوجد على أى منهما شحنات كهربية واضحة ، فإذا فرضنا أننا وصلنا هاتين الصفيحتين بقطبي بطارية كما هو واضح في الرسم (شكل ١٣) ، وعند إغلاق الدائرة الكهربائية



شكل (١٣) مكثف بسيط متصل بمصدر للتيار المستمر

فإن الالكترونات سوف تنجذب من الصفيحة العليا إلى القطب الموجب للبطارية ويطرد نفس العدد من الالكترونات من القطب السالب للبطارية إلى الصفيحة السفلى ، وتستمر هذه الحركة في الالكترونات حتى تتراكم كمية كافية منها على إحدى الصفيحتين وتتناقص كمية أخرى كافية من الالكترونات من الصفيحة الأخرى بحيث يصبح فرق الجهد بين الصفيحتين مساويا لفرق الجهد بين طرفي البطارية . وعند فتح الدائرة بواسطة المفتاح بعد أن أصبحت كل من الصفيحتين مشحونة بالكهرباء فسوف تبقى الصفيحة العليا وبها نقص في الالكترونات وتبقى الصفيحة السفلى وبها زيادة في الالكترونات . وبمعنى آخر تصبح الصفيحتان مشحونتين بالرغم من عدم اتصالهما بالبطارية . فعندما توصل الصفيحتان ببعضهما بواسطة سلك معدني (شكل ١٤) أو عند



شكل (١٤)

طريقة توصيل المكثف عند التفريغ

تلامسهما فإن الالكترونات الزائدة في الصفيحة السفلى تندفع خلال السلك إلى الصفيحة العليا حتى يحدث التعادل الكهربي بين الصفيحتين ، وتسمى هذه العملية بعملية التفريغ ، وتسمى الصفيحتان السابقتان بالمكثف . وبما سبق نرى أن المكثف يقوم باختزان الكهرباء . ولا بد أن نتذكر أنه في الوقت الذي تتحرك فيه الالكترونات عند الشحن أو عند التفريغ فإن هناك تيارا كهربائيا يمر في الدائرة ولو أن هذه الدائرة مقطوعة بواسطة المسافة الموجودة بين الصفيحتين ، ولو أن التيار يمر فقط في زمن وجيز جدا وهو الزمن

اللازم للشحن أو التفريغ ولا يمكن إحداث تيار باستمرار خلال المكشف وتوقف كمية الشحنة التي يمكن للمكشف أن يخزنها على عاملين ، أولهما الجهد الكهربائي المستخدم لشحنه وثانيهما سعة هذا المكشف .

وتزداد سعة المكشف كلما زادت مساحة الصفيحتين وكذلك تزداد كلما قلت المسافة بين الصفيحتين . كما أنها تتغير حسب نوع مادة العازل بينهما . وقد اُصطلح على اعتبار سعة المكشف عندما يكون العازل بين صفيحتيه الهواء هي الأساس وتعتبر أقل قيمة ممكنة لسعة هذا المكشف وتنسب إليها سعة نفس المكشف عند تغيير نوع العازل .

ويلاحظ أنه إذا أردنا زيادة سعة المكشف أمكن ذلك عن طريق زيادة مساحة السطح ولكن ذلك يقتضي حيزاً كبيراً وهو أمر غير مرغوب فيه ولو أريد زيادة السعة عن طريق تقليل المسافة بين السطحين لأمكن ذلك ولو أنه غير مرغوب فيه أيضاً خشية حدوث تفريغ بين سطحي المكشف . لذا لم يبق إلا إختيار مادة يكون عزلها كبيراً لزيادة السعة . ولنذكر مثلاً لذلك إذ وجد أنه عند استعمال قطعة من الزجاج الرقيق كعازل بين صفيحتي مكشف بدل الهواء ، فإن سعة هذا المكشف تزداد بمقدار سبعة أمثال سعته عند وجود الهواء .

وحدات السعة

الوحدة الأساسية للسعة هي الفاراد ولكن هذه الوحدة كبيرة جداً من الناحية العملية وتستخدم وحدة أصغر منها تسمى الميكروفاراد ويرمز لها بالحرفين M.F. Micro Farad وهي جزء من مليون من الفاراد وهناك وحدة أصغر هي الميكروميكروفاراد أو البيكوفاراد ويرمز لها بالرموز M.M.F. أو P.F. أو Picofarad. وتساوي جزءاً من مليون من الميكروفاراد

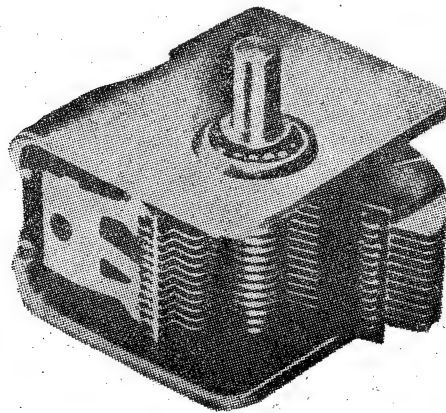
وتحتوى المكثفات غالباً على أكثر من صفيحتين وتوصل المجموعات الفردية مع بعضها وتوصل المجموعات الزوجية مع بعضها لتكون ما يشبه البطارية وبهذه الطريقة يمكن الحصول على مكثفات ذات سعة كبيرة فى حجم صغير إذا ما قورنت بالمكثفات التى تحتوى على صفيحتين .

ووظيفة المكثفات فى الدوائر الكهربائية هى أنه يمكن شحنها بالكهرباء فى لحظة ثم تفريغها بعد ذلك أى أنه يمكن اختزان الطاقة الكهربائية وإطلاقها عند الحاجة إليها . ويسمى أحياناً المكشف الكهربى باسم المخزن الكهربى .

المكثفات المستخدمة فى أجهزة الراديو

تختلف المكثفات المستخدمة فى أعمال الراديو اختلافاً كبيراً من ناحية الحجم والتركيب والسعة .

وفى المكثفات المتغيرة تثبت مجموعة من الصفائح وتترك الأخرى قابلة للحركة داخل المجموعة الأولى وبذلك يمكن تغيير سعة المكشف بزيادة وتقليل السطوح المتداخلة من كل من المجموعتين . ويلاحظ أن الهواء هو المادة العازلة فى معظم المكثفات المتغيرة شكل (١٥) . أما المكثفات الثابتة



شكل (١٥) منظر لمكثف مكون من صفائح من الألمنيوم ، العازل بينها هو الهواء .

السعة فيمكن استخدام الهواء فيها كعازل ولكن في معظمها تستخدم مواد صلبة عازلة بين مجموعتي الصفائح المعدنية حتى يمكن الحصول على مكثف ذي سعة كبيرة ويشغل حيزاً صغيراً نسبياً والمواد الصلبة المستخدمة كعازل في المكثفات الثابتة هي الميكا والورق وبعض أنواع الصيني أو الفخار وفي بعض المكثفات الثابتة تستخدم زيوت معدنية كمادة عازلة بين صفائح المكثف . وهناك أنواع أخرى تسمى المكثفات الالكتروليزية وهي تتكون من صفائح من الألومنيوم بينها عجينة من مركب كيميائي موصل للكهربية والعازل الفعلي بين هذه الصفائح عبارة عن غشاء رقيق جداً من مادة عازلة غازية تتكون بطريقة التحليل الكهربائي عند توصيل المكثف بمصدر للتيار المستمر وسعة هذا النوع من المكثفات كبيرة جداً بالنسبة للمكثفات الأخرى التي تستعمل فيها المواد العازلة الأخرى ، وذلك لأن الغشاء العازل في المكثفات الالكتروليزية رقيق جداً وهو أرق من أي مادة صلبة يمكن استخدامها كعازل .

Break Voltage جهد التفريغ

عند توصيل صفائح المكثف بجهد عال فإن هناك قوة كبيرة تؤثر في الالكترونات والأنوية المكونة لذرات المادة العازلة ، ولن تنفصل الالكترونات من الذرات في هذه المادة لأنها ليست موصلة للكهربية . فإذا كان الجهد الكهربائي كبيراً كانت القوة التي تؤثر في الذرات كبيرة لدرجة أن العازل قد يتفتت أو ينفجر وفي بعض الأحيان يتفحم ويسمح للتيار الكهربائي بالاندفاع على شكل شرارة كهربية تمر خلال المادة العازلة . ويتوقف الجهد الكهربائي اللازم لحدوث التفريغ خلال أية مادة عازلة يمكن استعمالها في المكثفات على عاملين هما نوع مادة العازل وسمكه . ويحدث التفريغ باستخدام جهد منخفض إذا كانت الصفائح المتقابلة لها

أطراف مديية ، أما إذا كانت أطراف الصفائح منحنية لامعة فيلزمها جهد كبير لاجداث التفريغ ونتيجة لذلك فإنه لزيادة الجهد الذى يلزم لاجداث التفريغ بين أطراف المكثفات يحسن أن تكون أطراف الصفائح منحنية . ويلاحظ أن المكثفات التى تستخدم فى دوائر الجهد العالى تكون عادة كبيرة الحجم للحصول على السعة المطلوبة وعلى بعد كبير نسبياً لتلافى حدوث التفريغ بين الصفائح .

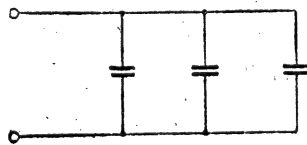
توصيل المكثفات

هناك طريقتان لتوصيل المكثفات :

١ - توصيل المكثفات على التوازي : شكل (١١٦) تكون السعة الكلية لمجموعة مكثفات موصلة على التوازي مساوية لمجموع سعات كل مكثف .

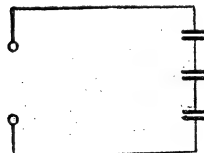
$$S = S_1 + S_2 + S_3 + \dots$$

السعة الكلية للمجموعة = سعة المكثف الأول + سعة الثانى + سعة الثالث + ..



شكل (١١٦)

طريقة توصيل عدد مكثفات على التوازي



شكل (١٦ ب)

طريقة توصيل عدد مكثفات على التوالى

٢ - توصيل المكثفات على التوالى : تكون السعة الكلية للمجموعة

الموصلة على التوالى أقل من سعة أصغرها . والقانون المستخدم لإيجاد السعة الكلية هو

$$\dots + \frac{1}{s_3} + \frac{1}{s_2} + \frac{1}{s_1} = \frac{1}{s}$$

مقلوب السعة الكلية = مقلوب سعة الأول + مقلوب سعة الثانى
+ مقلوب سعة الثالث + ...

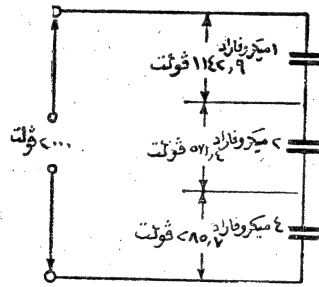
فإذا كان هناك مكثفان موصلان على التوالى فإن السعة الكلية لها

$$s = \frac{\text{سعة الاول} \times \text{سعة الثانى}}{\text{سعة الاول} + \text{سعة الثانى}} = \frac{s_1 \times s_2}{s_1 + s_2}$$

ويجب عند التعويض فى هذه القوانين أن تستخدم وحدات معينة موحدة لها جميعاً فلا يستخدم الفارادو الميكرو فاراد فى قانون واحد . وتوصل المكثفات على التوازى للحصول على سعة أكبر مما يمكن الحصول عليه من مكثف واحد . ويلاحظ أن الجهد اللازم توصيله بمجموعة من المكثفات موصلة على التوازى هو أقل جهد يلزم لأى منها حتى لا يحدث فيه تفريغ فإذا أريد مثلاً توصيل مجموعة من المكثفات على التوازى وحدود الجهود اللازمة لها هى ٣٥٠ ، ٣٥٠ ، ٤٥٠ فولت فإن أكبر جهد يمكن استخدامه مع هذه المجموعة هو ٢٥٠ فولت . وعند توصيل المكثفات على التوالى فإن الجهد المستخدم يوزع بينها بنفس طريقة توزيعه على المقاومات عند توصيلها على التوالى أى أن كل مكثف ينتج عند طرفيه جهد كهربى خاص بحيث يكون مجموع فروق الجهد عند طرفى كل مكثف مساوياً لفرق الجهد الأسمى لمصدر التيار المستمر المستخدم فى الدائرة . وبذلك تكون فروق الجهد عند أطراف المكثفات الموصلة على التوالى متناسبة تناسباً عكسياً مع ساعات هذه

المكثفات بمعنى أن المكثف ذا السعة الكبيرة يكون الجهد على طرفيه صغيرا والعكس صحيح .

مثال : ثلاثة مكثفات موصلة على التوالي شكل (١٧) سعاتها ١ ، ٢ ، ٤



شكل (١٧)

توزيع الجهود على عدة مكثفات ذات سعات مختلفة موصلة على التوالي

ميكرو فاراد على الترتيب ، وصلت بمصدر كهربى قوته الدافعة ٢٠٠٠ فولت .
فما هى السعة الكلية للمجموعة وما هو فرق الجهد بين طرفى كل منها ؟

$$\frac{1}{1\frac{3}{4}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{2} + \frac{1}{1} = \frac{1}{\text{السعة الكلية}}$$

$$\therefore \text{السعة الكلية} = 1 \div \frac{3}{4} = \frac{4}{3} \text{ ميكرو فاراد}$$

$$\text{فرق الجهد بين طرفى المكثف الأول} = \frac{4 \times 2000}{3} = \frac{8000}{3} = ٢٦٦٦,٦ \text{ فولت}$$

$$\text{الثانى} = \frac{2 \times 2000}{3} = \frac{4000}{3} = ١٣٣٣,٣ \text{ فولت}$$

$$\text{الثالث} = \frac{1 \times 2000}{3} = \frac{2000}{3} = ٦٦٦,٦ \text{ فولت}$$

وتوصل المكثفات على التوالي لئى يمكنها تحمل جهد عال ، ويحدث

ذلك على حساب النقص في السعة الكلية لهذه المجموعة . وبما أن الجهود لا توزع بانتظام بين أطراف المكثفات عند توصيلها على التوالي ، فيجب ملاحظة ذلك وملاحظة الجهد الذي يجب استخدامه لكل منها عند توصيلها على التوالي حتى لا يحدث تفريغ في أحدها أو كلها نتيجة لزيادة الجهد عند أطرافها عما هو محدد لها .

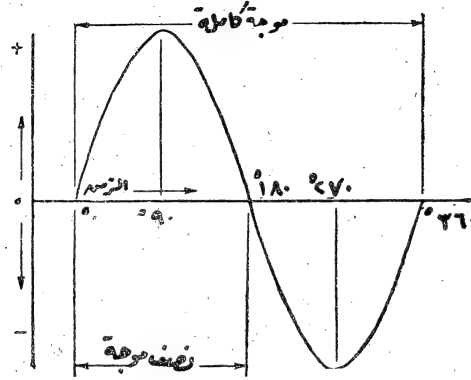
الطور Phase

كلمة طور تعنى الوقت أو المسافة الزمنية التى تمضى بين حدث وآخر نأخذ عنه ولتوضيح ذلك نتصور أن شخصاً يقذف كرة لآخر . هناك وقت محدد بين هذين الحدثين ، وهو الزمن بين لحظة إلقاء الكرة بواسطة اللاعب الأول وبين لحظة إمساك الكرة بواسطة اللاعب الثانى ، ويلاحظ أن كلا من الحدثين وهما إلقاء الكرة وإمساكها لم يحدثا فى نفس اللحظة فهما مختلفان فى الطور .

وعندما نقول أن هناك حدثين مذكورين ومختلفين فى الطور فلا يمكن أن نعرف أيهما بدأ أولاً ، ولكن يمكن أن نميز بين الحدثين فنقول أن الحدث الأول هو القائد Lead والثانى تابع Lag وفى دوائر التيار المتردد تتغير شدة التيار المتردد تغيراً مستمراً فلا بد من معرفة ما يحدث تماماً أثناء المراحل المختلفة لهذا التغير .

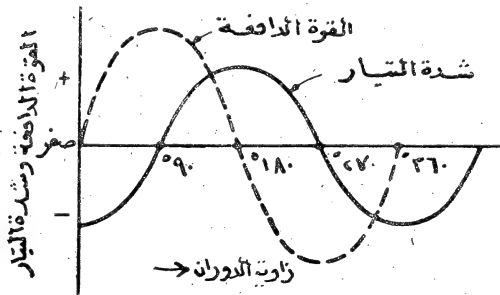
ويمكن قياس المراحل بوحدات الزمن المعتادة مثل الثانية والدقيقة ولكن هناك طريقة أحسن وأوقع فى قياس المراحل وخصوصاً عند ذكر التيارات المترددة . فنظراً لأن كل ذبذبة من ذبذبات التيار المتردد تتم خلال وقت ثابت وهو نفس الوقت الذى تتم فيه أى ذبذبة أخرى لهذا التيار المتردد فيمكن استخدام الاهتزازة (شكل ١٨) كوحدة لقياس الأطوار . وعندما

ندرس تياراً ذا تردد معين فإن الاهتزازة هنا يمكن أن تكون مقياساً صحيحاً ودقيقاً لأطوار هذا التيار مهما تغير التردد . ولكن عندما ندرس تيارين لكل



شكل (١٨)

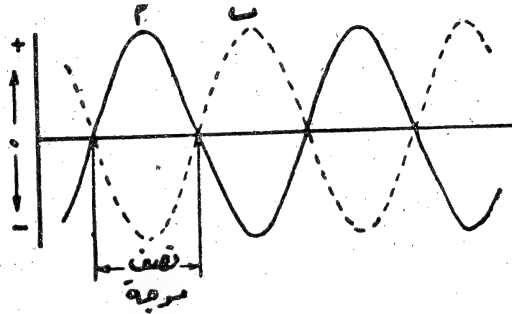
طريقة التعبير اليباني عن العلاقة بين الزمن وشدة التيار أو الجهد على موجة كاملة مقسمة إلى ٣٦٠ درجة منهما تردده الخاص فلا بد من تحويل وحدة الزمن لكل منهما حتى تتلاءم مع الوحدة الأخرى مثل ما يحدث عندما نقيس طولين أحدهما بالمقياس المترى والآخر بالأقدام والبوصات فإنه يجب عندئذ أما تحويل السنتيمترات إلى بوصات أو العكس حتى يمكننا المقارنة بين هذين الطولين . وسوف تكون المسافات الزمنية التي تقاس (أو مانسميه علمياً باسم اختلاف الأطوار) جزء من الاهتزازة . فيقال أن الموجة تتأخر عن موجة أخرى بمقدار ربع ذبذبة كما في الرسم التالي . (شكل ١٩)



شكل (١٩)

منحنى يبين تقدم القوة الدافعة الكهربائية في الطور عن شدة التيار بمقدار ربع موجة

وأحيانا يكون تأخر موجة عن موجة أخرى قدره نصف موجة بحيث يتضادان في الاتجاه وفي هذه الحالة نجد أن إحدى الموجتين تمنح أثر الموجة الأخرى . (بحيث لا يمر تيار كهربى فى الدائرة التى تحتوى على تيارين يمران على هيئة موجات تفصل بين كل موجتين مسافة زمنية قدرها نصف موجة) والرسم التالى (شكل ٢٠) يبين التعبير بالرسم البيانى عن تيارين مختلفين



شكل (٢٠)

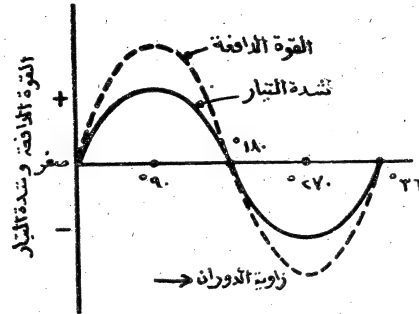
رسم بياني يدل على العلاقة لشدتي تيارين أو جهدين و فرق الطور بينهما نصف درجة فى الطور بمقدار نصف موجة وهما الموضخان بالمنحنيين ا ، ب . وليس من المهم معرفة أيهما يبدأ أولا أو أيهما يقود الآخر . فإن التيار ا يكون موجبا فى نفس اللحظة التى يكون فيها التيار (ب) سالبا والعكس بالعكس .

ويمكن أن تمثل الموجات السابق التعبير عنها، التغيرات التى تحدث فى شدة التيار المتردد أو فى جهده أو كليهما . وقد يكون الخطان المنحنيان ا ، ب يمثلان تيارين فى دائرتين مختلفتين وقد يكون المنحنى ا ممثلا للجهد والمنحنى ب ممثلا لشدة التيار . فإذا كان الخطان يمثلان تيارين فى دائرة واحدة أو جهدين فى دائرة واحدة فإن المحصلة الكلية للتيار أو الجهد سوف تكون موجة مركبة

الطوار فى الدوائر التى تحتوى على مقاومة

عندما يوصل مصدر للتيار المتردد بطرفى مقاومة فإن التيار سوف يمر وتزداد شدته فى الدائرة بازدياد الجهد . فيكون الجهد والتيار فى طور واحد

(شكل ٢١) يمكن تطبيق ذلك على التيار بأى تردد إذا كانت المقاومة الموجودة



شكل (٢١)

المنحنى البياني الذى يبين العلاقة بين الزمن وكل من شدة التيار والجهد و دائره كهربيه تحتوى على مقاومة فقط ومتصلة بمصدر للتيار المتردد ويتفقان فى الطور

فى الدائرة مقاومة خالصة أى لا يوجد معها أى أثر لرد الفعل الذى سوف يأتى ذكره .

وفى مثل هذه الحالة تزداد شدة التيار المار فى الدائرة كلما زاد فرق الجهد بنفس النسبة فى التيار المتردد كما يحدث ذلك تماما فى التيار المستمر .

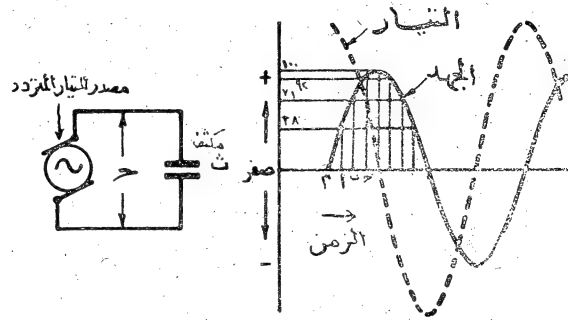
ومن الصعب عمليا الحصول على دوائر كهربيه تحتوى على مقاومات خالصة وخصوصا عندما يكون التيار ذا تردد عال (R.F.) لأن تأثير رد الفعل يصبح واضحا تماما عندما يزداد تردد التيار . وهنا يلزم إيجاد طريقة لمحو أثر رد الفعل حتى يصبح التيار المار فى الدائرة أكبر مما يمكن .

المكثف وتأثير توصيله فى دائرة

متصلة بمصدر للتيار المتردد

إذا فرضنا أننا وصلنا مكثفا ثابت السعة بمصدر للتيار المتردد فى دائرة كهربيه كالبينة بالرسم (شكل ١٢٢ ب) وليس بهذه الدائرة أية مقاومة ،

فإنه في خلال الزمن (١٢) يزداد الجهد المستخدم بمقدار ٣٨ فولت . وخلال هذا الوقت أو هذا الجزء من الذبذبة يكرن المكشف قد شحن إلى نفس



(١)

(ب)

شكل (٢٢)

١ — توصيل مكثف بمصدر التيار المتردد .

٢ — مراحل الاطوار بين الجهد وشدة التيار .

الجهد . وفي الفترة الزمنية ١ ب يزداد الجهد إلى ٧١ فولت (بزيادة قدرها ٣٣ فولت وهو مقدار أقل من ٣٨) وبذلك تكون كمية الشحنة التي تنتج من ذلك وتصل إلى المكشف أقل من الكمية الناتجة من الزيادة الأولى في الجهد وقدرها ٣٨ فولت . وخلال الجزء الثالث من المرحلة وهو الممثل على الرسم بالمسافة ب ح يزداد جهده بمقدار ٢١ فولت (ويصبح الجهد الكلي ٩٢ فولت) ، وهذه الزيادة في الجهد أقل من سابقتها (٣٣ فولت) فتكون كمية الشحنة المضافة إلى المكشف أقل من الكمية المضافة خلال الأجزاء السابقة من هذه المرحلة . وفي خلال الجزء الرابع من هذه المرحلة وتمثله المسافة (ح د) على الرسم يزداد الجهد بمقدار ٨ فولت فقط (ليصبح الجهد النهائي ١٠٠ فولت) وتقل نتيجة لذلك كمية الشحنة المضافة إلى شحنات المكشف .

وعلى ذلك فكلما ارتفع الجهد قلت شدة التيار (التي هي عبارة عن كميات من الشحنة التي تتحرك وتصل إلى المكشف) .

(٥ الترانزستور)

وإذا قسمنا الربع الأول من المنحنى الذى يمثل اهتزازه كاملة لهذا التيار المتردد إلى أقسام صغيرة جدا كل منها يمثل زمنا وجيزا فسوف نجد أن شدة التيار الذى يقوم بشحن المكثف يتبع فى نموه خطا منحنيا. يشبه الخط المنحنى الذى يبين التغيرات فى جهد التيار المتردد المستخدم .

وبذلك فأننا نرى أن هناك فرقا قدره ربع ذبذبة بين جهد المكثف وشدة التيار المار فيه . وخلال الربع الأول من الاهتزازة يمر التيار فى طريقه المعتاد من الدائرة ، وخلال ذلك يشحن المكثف . ويكون التيار مرجبا خلال هذه المرحلة ، كما هو مبين بالخط المتقطع على الرسم المرافق (شكل ٢٢) . وخلال الربع الثانى من هذه الذبذبة يتناقص الجهد على لوحى المكثف ويفقد المكثف شحنته التى اكتسبها خلال الربع الأول من هذه الاهتزازة وتتكرر عملية الشحن فى الربع الثالث من هذه الاهتزازة ثم يفقد المكثف شحنته فى الربع الرابع . وعلى ذلك يتم شحن المكثف ثم تفريغه مرتين خلال الإهتزاز ولكن فى اتجاهين متضادين ولا بد أن نتذكر أن التيار لا يمر خلال المكثف ولكنه يستقر على سطوحه على هيئة شحنات كهربية ثم تعود إلى الدائرة الكهربائية وهكذا .

العوامل التى تؤثر فى التيار المتردد

١ - المقاومة والممانعة

إذا مر تيار مستمر فى دائرة فإنه يعانى معارضة يمكن استخراج مقدارها

$$\text{من قانون أوم الذى سبق شرحه م (المقاومة)} = \frac{\text{ح (فرق الجهد)}}{\text{ت (شدة التيار)}}$$

أما فى التيار المتردد وفى الحالات التى لا يوجد فى الدائرة غير المقاومة الخالصة فإن الجهد يزيد ويزيد تبعاً له شدة التيار فى نفس اللحظة وبقلان فى

نفس اللحظة وهو ما عبرنا عنه بأنهما متحدان الطور (شكل ٢١) ، ففي هذه الحالات لا توجد ممانعة إلا المقاومة . وسيأتى الحديث عن احتواء الدائرة على أجزاء أخرى تسبب معارضات أخرى غير المقاومة . ولتعيين هذه المعارضات (وتسمى الممانعة) لا بد من إيجاد المجموع الكلى للمقاومة الأصلية مضافاً إليها (بنفس الوحدات المستخدمة لتمييز المقاومة وهى وحدات الأوم) تأثير المعارضة الناشئة عن هذه الأجزاء .

٢ - الحث ورد الفعل التآثرى للملفات

التيار التآثرى : إذا مر تيار فى سلك فإنه يحدث فى سلك آخر قريب منه تيار فى اتجاه معاكس يسمى التيار المنتج بالتأثير .

ولو قطع التيار فى الدائرة الأصلية نشأ تيار تأثيرى فى الدائرة الثانوية فى نفس الاتجاه .

كذلك يحدث لو زادت شدة التيار الأصيل أو قوة المغناطيس ، أى أنه على العموم لو حظ تيار تأثيرى فى الاتجاه المعاكس إذا كانت خطوط قوى مغناطيسية تقطع الدائرة الحادث فيها التأثير .

ويتكون تيار تأثيرى طردى كلما نقص عدد خطوط القوة التى تقطع الدائرة الثانوية .

وتكون القوة الدافعة الناتجة بالتأثير متناسبة مع معدل تغير خطوط القوى التى تقطع الدائرة الثانوية .

ويلاحظ أن التيار المنتج بالتأثير يكون فى اتجاه يعمل على معارضة التغير الناشئ فى المجال المغناطيسى أو التغير فى عدد خطوط القوى المغناطيسية التى تسعى لإحداثه .

التيار التأثيرى فى نفس الدائرة الأصلية :

وليس التيار التأثيرى قاصراً على دائرة خارجية بل يكون تأثيره أيضاً على نفس الدائرة الأصلية ، بمعنى أنه إذا حدث تغير فى خطوط القوة ينشأ فى نفس الدائرة تيار يحاول معارضة هذا التغير فيتكون تيار تأثيرى خلال الدائرة فى اتجاه معاكس فى حالة زيادة عدد خطوط القوى وفى نفس الاتجاه إذا قلت خطوط القوى .

وتسمى خاصية معارضة الدوائر الكهربائية لآى تغير فى التيار المار بها باسم « الحث » .

الحث المتبادل والحث الذاتى :

إذا عارضت دائرة ثانوية مرور تيار كهربى فيها نتيجة لمرور تيار كهربى فى دائرة أخرى ابتدائية أو أصلية مجاورة لها سميت هذه المعارضة فى الدائرة الثانوية بالحث المتبادل Mutual Inductance أما إذا كانت المعارضة للتيار فى نفس الدائرة سميت الحث الذاتى Self Inductance .

الحث بالنسبة لكل من التيار المستمر والمتردد :

عند ما يمر تيار مستمر فى سلك مستقيم أو فى ملف لا يحدث حث إلا عند الوصل والقطع ولذلك ، طالما يمر التيار يكون الحث منعماً (يساوى صفراً) . أما عند مرور التيار المتردد ، فبالنسبة للتغير فى شدة التيار واتجاهه بشكل مستمر ، يحدث حث يتوقف على سرعة التغير (أى على التردد) وعلى طول السلك . ويلاحظ أن قيمة الحث فى الملف أكبر بكثير من حث الأسلاك المستقيمة ويتوقف هذا المقدار على عاملين :

١ — عدد اللفات .

٢ — وجود مادة مغناطيسية في قلب الملف وتسمى Core تعمل على جميع خطوط القوى التي تقطع الملف وبذلك يزيد الحث .

وحدة الحث : هي الهنرى (h) Henry .

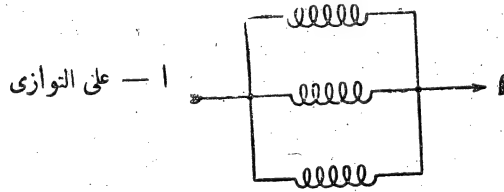
يتكون حث في الدائرة قدره هنرى لو كانت القوة الدافعة التأثيرية الناتجة فيها قدرها ١ فولت وشدة التيار الناتج بالتأثير قدرها أمبير واحد في الثانية .

$$\text{وللهنرى أجزاء هي المئلي هنرى} = \frac{1}{1000} \text{ هنرى } mh$$

$$\text{والميكرو هنرى} = \frac{1}{1000000} \text{ هنرى } uh$$

ملحوظة : إذا احتوت الدائرة على عدة ملفات متصلة ببعضها فإن الحث المكافئ لعدة ملفات موصلة على التوالي شكل (٢٣ ب) يساوى مجموع الحث لكل ملف .

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + \dots$$



شكل (٢٣ ب) — على التوالي

طريقة توصيل عدة ملفات لإيجاد الحث الكلي للمجموعة

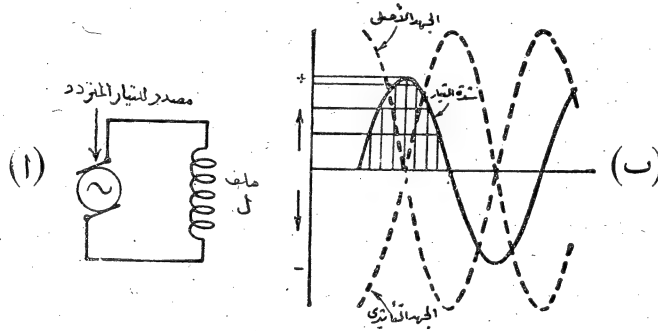
وإذا كانت الملفات متصلة على التوالي شكل (٢٣ أ) فإن مقلوب الحث المكافئ يساوى مجموع مقلوب الحث لكل ملف .

$$\dots + \frac{1}{L_3} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_1} = \frac{1}{L}$$

وهما نفس العلاقتين عند تعيين المقاومة المكافئة لعدة أسلاك متصلة على التوالي أو التوازي .

تأثير الحث على مراحل الطور بين الجهد وشدة التيار المتردد :

سبق أن بينا أن الجهد وشدة التيار للتيار المتردد في دائرة كهربية تحتوي على مقاومة خالصة يزيدان معاً وينقصان معاً أى أنهما يكونان متفقان في الطور . أما إذا اشتملت الدائرة على ملف فإن التيار الناشئ يكون متخلفاً عن القوة الدافعة الأصلية بمقدار ربع ذبذبة شكل (٢٤) أى أنه في الوقت



شكل (٢٤)

١ - دائرة مكونة من مصدر للتيار المتردد وملف ب - المنحنى البياني الذي يبين العلاقة بين الزمن وكل من الجهد الأصلي والجهد التأثيري وشدة التيار في الدائر

الذى تكون فيه القوة الدافعة الكهربية الأصلية في نهايتها العظمى تكون شدة التيار الذى يمر في الدائرة صغيراً ، وفي الوقت الذى تكون القوة الدافعة قيمتها صفراً تكون قيمة التيار أكبر ما يمكن .

رد الفعل التأثيري Inductive Reactance :

في الدوائر الكهربية التى تحتوي على مقاومة خالصة تكون هذه المقاومة

هى الوحيدة التى تؤثر فى التيار الذى يمر من منبع التيار المتردد خلال الدائرة . وما دامت ممانعة الدائرة نبي بمجوع المعارضات لسير التيار الكهربى فى هذه الدائرة ، فإنه فى حالة الدوائر التى تحتوى على المقاومات الخاصة تكون الممانعة (كما سبق ذكره) هى مقاومة الدائرة فقط . وما دما قد وصلنا فى الفقرات السابقة إلى أن وجود ملف فى دائرة كهربية متصلة بمصدر للتيار المتردد سوف ينتج قوة دافعة مضادة تعارض مرور التيار فى الدائرة فإن الممانعة فى هذه الدائرة تكون أكبر من مقاومتها .

والعامل الذى يسبب كبر هذه الممانعة فى الدوائر الكهربية التى تحتوى على ملفات ذات حث ومتصلة بمصدر للتيار المتردد يسمى برد الفعل . ونظرا لأن هذا العامل وهو رد الفعل ناتج عن وجود ملف تأثيرى ذو حث فيسمى برد الفعل التأثيرى . ووحدة رد الفعل التأثيرى هى الأوم .

ويتوقف رد الفعل التأثيرى على أقصى جهد تأثيرى يمكن أن ينتج فى الملف وهو عامل يتوقف بدوره على حث الملف وتردد التيار المار فيه . وعلى ذلك فإن رد الفعل التأثيرى فى ملف يتوقف على كل من حث الملف وتردد التيار الذى يمر فيه .

وإذا فرضنا وجود دائرة كهربية لا يوجد بها إلا ملف عديم المقاومة وله حث معين فيمكننا استبدال رد الفعل التأثيرى لهذا الملف بالممانعة ويمكن باستخدام قانون أوم (بعد تحويله ليلائم الممانعة) إيجاد شدة التيار الذى يمر فى هذا الملف .

$$\text{شدة التيار} = \frac{\text{فرق الجهد}}{\text{الممانعة}}$$

٣ - السعة ورد فعل المكثفات

سبق أن أشرنا إلى أننا لو وصلنا مصدرا للتيار المستمر بلوحي مكشف فإن هذا المكشف يشحن بكمية من الكهرباء تتوقف على سعته وجهد المصدر والمعارضة التي تنتج لمروور التيار في المكشف هي مقاومة المكشف .

أما لو وصل المكشف بمصدر للتيار المتردد فإن التيار يصبح متقدما عن الجهد بربع ذبذبة . وبذلك تنشأ معارضة لمروور التيار بسبب اختلاف الطور بين الجهد والتيار وهي التي نسميها باسم رد الفعل . وتكون الممانعة (المعارضة الكلية) في الدائرة مشتملة على مقاومة المكشف الأصلية بالإضافة إلى تأثير رد الفعل الجديد .

ويتوقف رد فعل المكشف على عاملين :

١ - سعة المكشف .

٢ - تردد التيار .

ففيما يختص بالسعة يلاحظ أنه بزيادة السعة (عند كبر المساحة مثلا) فإن الإلكترونات تنتشر على هذا السطح الكبير ويكون تأثيرها على السطح المقابل قليلا فيكون تأثير الجهد العكسي قليلا .

وبذلك يكون تأثير كبر السعة هو تقليل رد الفعل .

وفيما يختص بالتردد فإنه يلاحظ أنه كلما زاد التردد فإن المكشف سوف يشحن في لحظة ويفرغ في لحظة أخرى بسرعة كبيرة ينتج عنها أن القوة الدافعة المضادة يكون تأثيرها قليلا .

وبذلك يكون تأثير كبر التردد تقليل رد الفعل .

وعلى ذلك فإن رد فعل المكشف يتناسب عكسيا مع كل من العاملين السابقين وهما سعة المكشف وتردد التيار الذي يوصل به .

الدوائر الكهربائية التي تحتوى على ملفات أو مكشفات أو هما معا

ذكرنا فيما سبق كيف تنصرف الدوائر الكهربائية تجاه التيار المتردد عندما لا تحتوى إلا على مقاومة فقط أو ملف فقط أو مكشف فقط .
وعرفنا أن الممانعة فى هذه الدوائر تختلف حسب نوعها .

فممانعة الدائرة التى تحتوى على مقاومة فقط بالنسبة للتيار المتردد تساوى مقدار المقاومة، وممانعة الدائرة التى تحتوى على ملف فقط تساوى رد فعل هذا الملف ، وممانعة الدائرة التى تحتوى على مكشف فقط تساوى رد فعل هذا المكشف .

أما فى حالة الدوائر الكهربائية العملية التى تتصل بمصدر للتيار المتردد فإنها دائماً تحتوى على مقاومة وحث وسعة أو أى اثنين منها . وبالإضافة إلى ذلك فقد تحتوى هذه الدوائر على أسلاك وموصلات ذات مقاومات بالإضافة إلى المقاومات الأصلية ، كذلك فإن لهذه الأسلاك حثاً وسعة .

وفى الأجهزة التى تستخدم فيها تيارات ذات تردد عال جداً تكون مقاومة وحث وسعة أسلاك التوصيل ومكونات الجهاز ذات أثر كبير فى التيارات الكهربائية التى تمر خلال المراحل المختلفة لهذه الأجهزة ، فى حين أن ذلك الأثر يكون قليلاً ويمكن إهماله فى حالة الترددات المنخفضة .

(١) دوائر تحتوى على مقاومة وملف :

ما دام الملف يعمل على تأخير التيار بالنسبة للجهد المتردد بمقدار ربع موجة وما دامت المقاومة لا تؤخرهما عن بعضهما فلا يمكن إضافة المقاومة لرد الفعل إضافة عادية لكى تنتج الممانعة الكلية فى الدائرة وبواسطة علاقة

رياضية خاصة يمكن حساب ممانعة هذه الدائرة^(١) وبالتالي يمكن حساب شدة التيار الذى يمر فيها .

(ب) دوائر تحتوى على مقاومة ومكثف :

يعمل المكثف على تأخير الجهد بالنسبة للتيار بمقدار ربع موجة (عكس تأثير الملف) وأما المقاومة فلا تؤثر فى أطوارهما ، وعلى ذلك فإن هذه الدائرة سوف يكون من نتيجة توصيلها بمصدر للتيار المتردد تأخير الجهد بالنسبة للتيار بمقدار ربع موجة ، والممانعة الكلية لهذه الدائرة لا تساوى مجموع المقاومة ورد فعل المكثف ولكن هناك علاقة رياضية خاصة يمكن بها حساب الممانعة الكلية فى الدائرة بمعرفة كل من المقاومة ورد فعل المكثف^(٢) .

(ج) دوائر تحتوى على ملف ومكثف :

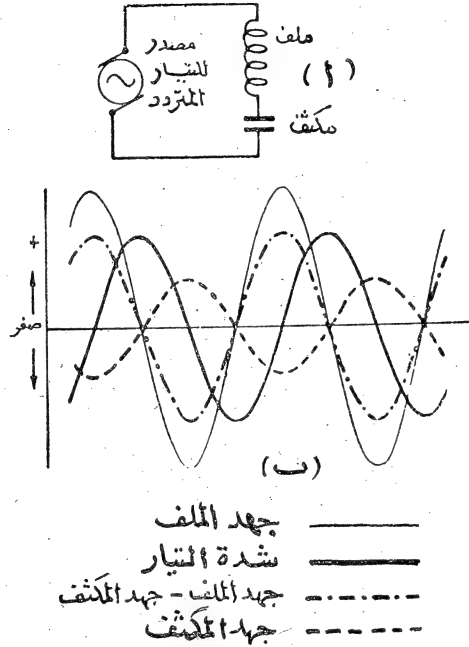
سوف نفترض فى هذه الفقرة توصيل ملف ليس له مقاومة مع مكثف ليس له مقاومة بمصدر للتيار المتردد (شكل ٢٥) ونتيجة هذا التوصيل أن كلا من المقاومة والمكثف سوف يبدى معارضة خاصة به لمرور التيار وهذه المعارضة هى التى أسميناها سابقا برد الفعل .

وبما هو جدير بالملاحظة أن رد فعل الملف يعمل على تأخير التيار عن الجهد بمقدار ربع موجة وأن رد فعل المكثف يعمل على تأخير الجهد عن التيار بنفس المقدار مما تكون نتيجته النهائية أن يكون جهد أحدهما متأخراً عن جهد الآخر بمقدار نصف موجة .

(١) ممانعة الدائرة التى تحتوى على مقاومة وملف $= \sqrt{\text{مربع المقاومة} + \text{مربع رد فعل الملف}}$

(٢) ممانعة الدائرة التى تحتوى على مقاومة ومكثف $= \sqrt{\text{مربع المقاومة} + \text{مربع رد فعل المكثف}}$

ونظرا لأن الجهدين الناشئين عند كل من الملف والمكثف متضادان
فلذلك يحاول كل منهما أن يحو أثر الآخر .



شكل (٢٥)

- ١ - دائرة مكونة من ملف ومكثف سولين على التوالي بمصدر للتيار المتردد .
ب - المنحنى البياني الذي يدل على العلاقة بين الزمن وكل من الجهد والتيار

ويكون رد الفعل الكلي في الدائرة = رد فعل الملف - رد فعل المكثف .
فإذا كان رد فعل الملف أكبر من رد فعل المكثف كانت النتيجة موجبة
وكان رد الفعل الكلي يشبه رد فعل ملف وقيمه هي الفرق بين رد فعل الملف
وردد فعل المكثف ، أما إذا كانت النتيجة سالبة كان رد الفعل الكلي يشبه
رد فعل مكثف وقيمه هي الفرق بين رد فعل الملف وردد فعل المكثف .

وما دام كل من رد فعل الملف وردد فعل المكثف يحاول إزالة
أثر الآخر ومحوه فإنه يمكن تقليل رد فعل المكثف بتوصيل ملف به على

التوالى ، وكذلك لتقليل رد فعل ملف فإنه يوصل على التوالى بمكشاف مناسب بحيث لا يتعدى رد فعل الجزء المضاف رد الفعل الأصلي فى الدائرة .

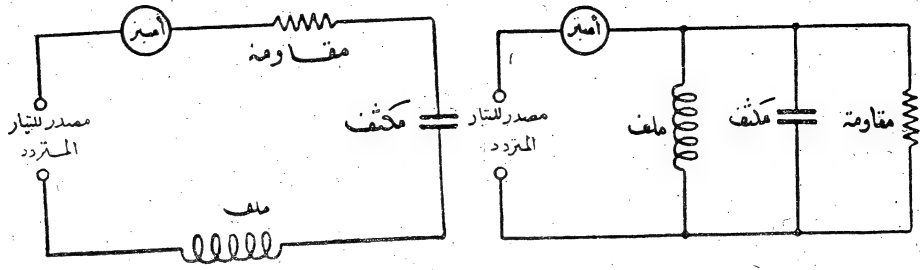
الرنين فى الدوائر الكهربية

إذا وصل ملف ومكشاف على التوالى فى دائرة كهربية بمصدر للتيار المتردد فىمكننا معرفة رد فعل كل من الملف والمكشاف بعد معرفة حث الملف وسعة المكشاف . ويلاحظ أنه بزيادة تردد التيار يزيد رد فعل الملف والعكس صحيح ، وعند تردد معين للتيار يتساوى رد فعل الملف مع رد فعل المكشاف . وبما أنهما متضادان فى الاتجاه فىصبح رد الفعل الكلى فى الدائرة مساويا للصفر . وفى هذه اللحظة يقال أن الدائرة الكهربية فى حالة رنين . وتردد التيار الذى حدث عنده الرنين يسمى بتردد الرنين . وهذه الدائرة الكهربية يطلق عليها دائرة رنين موصلة على التوالى . وبما أن رد فعل الملف سوف يسبب تأخير التيار عن الجهد بمقدار ربع موجه كما أسلفنا ورد فعل المكشاف يسبب تأخير الجهد عن التيار بنفس المقدار فينتج عن ذلك أن يتفق الجهد مع التيار فى الأطوار .

وفى حالة الرنين يكون التيار المار فى الدائرة من منبع التيار المتردد أكبر ما يمكن ولا يتوقف هذا التيار إلا على المقاومة الموجودة فى الدائرة وتشمل مقاومة الأسلاك المستخدمة فى التوصيل ومقاومة الملف ومقاومة المكشاف ، ولن يتأثر هذا التيار برد فعل الملف أو رد فعل المكشاف الذى يضيع كل منهما أثر الآخر .

دوائر الرنين الموصلة على التوازى :

عندما نوصل ملفا ومكشفا على التوازى فى دائرة كهربية متصلة بمصدر للتيار المتردد كما هو مبين بالرسم شكل (١٢٦) .



شكل (٢٠٦)

١ — دائرة رنين موصلة على التوازي ب — دائرة رنين موصلة على التوالي

فعند ما يندفع التيار من المصدر إلى الدائرة فإنه يسرى في طريقين أحدهما هو المكثف والآخر هو الملف . وسوف يمر تيار أكبر في الجزء الذي يكون رد فعله صغيراً وعند ما يكون تردد التيار صغيراً ، فإن رد فعل المكثف يكون من رد فعل الملف فيكون التيار المار في الملف أكبر من التيار المار في المكثف .

وعند ما يكون تردد التيار كبيراً يصبح رد فعل الملف أكبر من رد فعل المكثف وبذلك يكون التيار المار في المكثف أكبر من التيار المار في الملف .

وعند تردد معين وهو التردد الذي نعرفه باسم تردد الرنين يكون رد فعل الملف مساوياً لرد فعل المكثف ويمر تيار متساو في كل منهما .
ولسكن رد فعل الملف يميل إلى أن يجعل التيار يتأخر عن الجهد بمقدار ربع موجة ويعمل المكثف على تأخير الجهد عن التيار بمقدار ربع موجة كذلك ، وعلى ذلك فإن التيار في أحد الجزئين (الملف أو المكثف) سوف يكون مختلفاً عن التيار المار في الجزء الآخر (المكثف أو الملف) بمقدار نصف موجة . أى أن التيار يكون في الملف عكس التيار المار في المكثف . تكون نتيجة ذلك اختفاء التيار في كليهما ولن يخرج أى تيار من المصدر إلى الدائرة الكهربائية .

وبذلك يمكن القول أن هذه الدائرة المكونة من ملف ومكشاف موصلين على التوازي ببعضهما لا يسمحان مطلقاً بإمرار تيار كهربى من المصدر إذا كانت الدائرة الكهربائية فى حالة رنين مع تردد هذا التيار . وفى نفس الوقت يكون رد فعل الملف مساوياً لرد فعل المكشاف ، وكذلك يمكن القول أنه فى هذه الحالة تصبح ممانعة الدائرة لانهائية لهذا التيار . وتسمى هذه الدائرة بأنها دائرة رنين موصلة على التوازي .

وفعل هذه الدائرة فى التيار المتردد عكس فعل دائرة الرنين الموصلة على التوازي شكل (٢٦ ب) التى تكون ممانعتها صغيرة جداً (بل تساوى صفراً) بالنسبة لمصدر التيار المتردد .

وتسمى لذلك دائرة الرنين الموصلة على التوازي بدائرة مضادة للرنين Anti - Resonant.

وفى هذه الدوائر يكون التيار والجهد متفقين من ناحية الطور .

ولا يعنى عدم خروج تيار من المنبع فى دائرة الرنين الموصلة على التوازي أنه ليست هناك تيارات تمر فى الدائرة بل بالعكس توجد هناك تيارات تمر فى كل لحظة خلال كل من الملف والمكشاف ولكنهما متضادان فى الاتجاه مما يجعل النتيجة النهائية للتيار الكلى فى الدائرة تساوى صفراً .

وفى هذه الدائرة تحدث بعض العمليات الكهربائية التى يجب التنويه بذكرها عندما تكون الدائرة فى حالة رنين مع تيار ذى تردد معين . فى اللحظة التى يشحن فيها المكشاف تتولد فيه قوة دافعة تسبب مرور تيار فى الملف ، وهذا التيار عندما يندفع فى الملف يولد مجالاً مغناطيسياً يسبب تكوين تيار تأثيرى عكسى يصل إلى المكشاف ليعيد شحنه . وبهذا سوف تخزن الطاقة على هيئة مجال كهربى فى المكشاف ومجال مغناطيسى فى الملف .

وهذه الطاقة الكهربائية تظل تتردد بين الملف والمكشاف وتحول إلى كل

من المجالين الكهربى والمغناطيسى. وكنتيجة لذلك فإن التيار يروح ثم يرجع بين الملف والمكشوف بسرعة كبيرة، وتسمى هذه العملية بالاهتزاز، ويظل هذا الاهتزاز مستمرا منذ اللحظة التى يبدأ فيها (يحدث هذا من الناحية النظرية فقط)، أما من الناحية العملية فإن وجود مقاومة فى الدائرة هى مقاومة أسلاك الملف ومقاومة العازل الموجود فى المكشوف ومقاومة أسلاك التوصيل وكلها تعمل على استهلاك كمية من الطاقة الكهربائية التى تمر فى الدائرة من المنبع الكهربى وتعمل الدائرة جميعها بشكل يماثل وجود ممانعة كبيرة فى الدائرة.

وستأتى الإشارة إلى قيمة مثل هذه الدائرة فى عملها كدائرة اهتزاز.

معامل القدرة Power Factor

إذا أمر تيار من مصدر متردد فى دائرة كهربية تحتوى على مقاومة فقط فإن القدرة المستهلكة تساوى حاصل ضرب مربع شدة التيار فى المقاومة.

فلو كانت القوة الدافعة للمصدر مثلا ٢٥٠ فولت والمقاومة ١٢٥ أوم فتكون شدة التيار المار فى الدائرة $= \frac{250}{125} = 2$ أمبير

وتكون القدرة = (مربع شدة التيار) \times المقاومة

$$= 2 \times 2 \times 125 = 500 \text{ واط.}$$

وجميع هذه القدرة (وهى تساوى ٥٠٠ واط) تستهلك فى الدائرة.

أما لو كانت الدائرة تحتوى على ممانعة قدرها ١٢٥ أوم ولكنها مكونة من مقاومة قدرها ٧٥ أوم وملف رد فعله ١٠٠ أوم متصل بها على التوالى فإن هذه القدرة وقدرها ٥٠٠ واط لا تستهلك جميعها ولا تستهلك منها إلا المقدار الذى يبذل فى التغلب على المقاومة وقدره $2 \times 2 \times 75 = 300$ واط

(حيث أن القدرة المبذولة في رد الفعل تعود ثانية إلى الدائرة ولا تستهلك من المصدر) .

وتسمى النسبة بين مقدار القدرة المستهلكة فعلا على مقدار القدرة المفروض نظرياً استهلاكاً في هذه الدائرة بمعامل القدرة .

ومعامل القدرة في المثال السابق $= \frac{3}{6} = 0.5$ ، أو ٥٠٪ وتميز القدرة المستهلكة فعلا عن القدرة الغير المستهلكة والناجمة عن وجود رد فعل في الدائرة من ملف أو مكثف اتفق على اعتبار وحدة القدرة المستهلكة الحقيقية هي الواط ، ووحدة القدرة الغير المستهلكة هي الفولت أمبير .

المحولات Transformers

يتكون المحول من ملفين متقاربين بحيث يؤثر كل منهما في الآخر وبينهما تأثير متبادل . ويسمى الملف الذي يوصل بمصدر التيار بالملف الابتدائي ويسمى الملف الآخر ملف ثانوي . وأهم فوائد المحولات :

أولاً — أنه يمكن نقل الطاقة الكهربائية من جزء من الدائرة إلى جزء آخر دون توصيل مصدر التيار توصيلاً مباشراً بذلك الجزء .

ثانياً — يمكن خلال هذه العملية أيضاً تغيير الجهد بحيث يمكن زيادته أو إنقاصه وكذلك الحال بالنسبة للتيار .

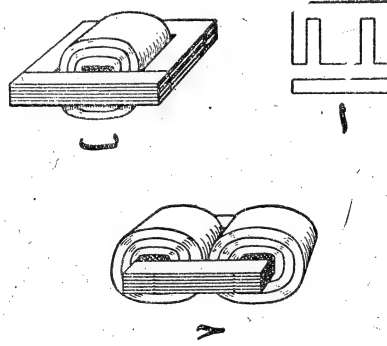
فمثلاً إذا كان هناك مصدر للتيار جهده ٤٤٠ فولت ويراد توصيله بدائرة كهربائية لا يلزمها غير ١١٥ فولت فقط ، فإنه يمكن إجراء هذه العملية باستخدام محول مناسب . ولا يمكن استخدام المحولات إلا في حالة التيارات المترددة إذ لن يتكون في الملف الثانوي جهد تأثيري إذا لم يتغير المجال المغناطيسي في الملف الابتدائي بتغيير جهد التيار المتصل به . وفي حالة توصيل

الملف الابتدائي لمحول بمصدر للتيار المستمر فإنه لن يتولد جهد تأثيري في الملف الثانوي إلا في اللحظة التي تغلق فيها الدائرة أو تفتح ، إذ خلال هذه اللحظة فقط يتغير المجال المغناطيسي الذي يتكون من مرور التيار في الملف الابتدائي .

المحول ذو القلب الحديدي

Iron Core Transformer

يمكن أن يلف كل من الملفين الابتدائي والثانوي للمحول على قلب من مادة مغناطيسية شكل ١٢٧ ، ب ، ح وشكل ١٢٨ ، ب ، ح .



شكل (٢٧)

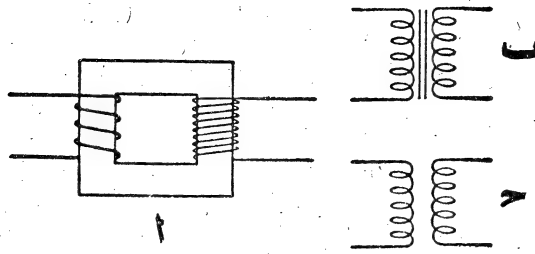
١ — شكل يبين طبقة (على شكل حرف E وحرف I) من الطبقات المتداخلة والتي تكون القلب الحديدي للملف .

ب — شكل منظور بين إحدى طريقتي تركيب المحول ، فيه الملف الابتدائي والثانوي متعدد المحور .

ح — شكل منظور بين طريقة أخرى لتركيب المحول حول ضلعين متقابلين من الاطار المسكون للقلب الحديدي .

ووجود هذه المادة المغناطيسية يزيد من حث كل من الملفين ، بحيث يمكن استخدام ملف ابتدائي عدد لفاته قليل لإحداث تيار ذي شدة قليلة وجهد كبير ووجود القلب المغلق المبين بالرسم يضمن أن كل خط من خطوط القوى الذي يتولد حول الملف الابتدائي يقطع لفات الملف الثانوي .

(٦ الترانزستور)



شكل (٢٨)

- ١ — رسم مقطع لمحول لبيان الملف الابتدائي والملف الثانوي .
 ب — الرسم الرمزي للمحول ذي القلب الحديدي
 ج — الرسم الرمزي للمحول ذي القلب الهوائي .

وتستخدم المحولات التي تصمم على هذا الأساس في دوائر القدرة الكهربائية ودوائر التردد المنخفض المسموع .

وسنقتصر في هذا الجزء على هذا النوع من المحولات .

النسبة بين الجهد أو التيار وعدد اللفات في المحولات :

يتكون التيار التأثيري في الملف الثانوي بحيث تكون النسبة بين :

$$\frac{\text{الجهد التأثيري في الملف الثانوي}}{\text{الجهد الأصلي في الملف الابتدائي}} = \frac{\text{عدد لفات الملف الثانوي}}{\text{عدد لفات الملف الابتدائي}}$$

ويمكن التعبير عن العلاقة السابقة بدلالة التيار فتصبح هذه العلاقة

كما يأتي :

$$\frac{\text{شدة التيار التأثيري في الملف الثانوي}}{\text{شدة التيار الأصلي في الملف الابتدائي}} = \frac{\text{عدد لفات الملف الابتدائي}}{\text{عدد لفات الملف الثانوي}}$$

مثال : إذا كان هناك محول عدد لفات ملفه الابتدائي ٤٠٠ لفة والثانوي

٢٨٠٠ لفة ووصل ملفه الابتدائي بمصدر للجهد المتردد قدره ١١٥ فولت فإن

$$\text{الجهد الثانوى يصبح مساويا } \frac{115 \times 2800}{400} = 805 \text{ فولت}$$

وبديهى أنه لو وصل جهد قدره ٨٠٥ فولت إلى الملف الثانى (٢٨٠٠ لفه) فسوف يتكون جهد قدره ١١٥ فولت إلى الملف الآخر (٤٠٠ لفه) .

أى أنه يمكن استخدام أى من ملفى المحول كملف ابتدائى فيكون الآخر ثانويا ويلاحظ أنه إذا استخدم المحول لرفع جهد قليل بنسبة معينة فإن التيار الناتج ينخفض بنفس النسبة .

كفاءة المحول

لا يمكن لأى محول أن يستحدث قدرة كهربية من العدم ولكنه يقوم فقط بعملية تحويل للقدرة ونقل لها ، إذ أنه فى الدائرة الابتدائية تتحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة مغناطيسية وهذه تنتقل إلى الملف الثانوى حيث تتحول إلى طاقة كهربية وعلى ذلك فإن القدرة التى يمكن أخذها من الملف الثانوى لا يمكن أن تزيد على القدرة الداخلة إلى الملف الابتدائى من المصدر الكهربى للتيار المتردد . ولكن هناك برغم ذلك كمية من القدرة يستهلكها الملف الابتدائى نتيجة لمقاومة أسلاكه ، وهناك كمية أخرى من القدرة تستهلك بواسطة صفائح الحديد المكونة لقلب المحول . وعلى ذلك ففى كل الحالات تكون القدرة التى يأخذها المحول من المصدر الكهربى أكبر بكثير من القدرة التى تؤخذ من ملفات الملف الثانوى .

والنسبة بين أقصى قدرة يمكن أخذها من الملف الثانوى والقدرة التى تمر فى الملف الابتدائى من مصدر التيار تسمى كفاءة المحول . T-Efficiency

$$\text{أى أن الكفاءة} = \frac{\text{أكبر قدرة تخرج من المحول}}{\text{القدرة الداخلة إلى المحول}}$$

والكفاءة دائماً أقل من واحد صحيح ويعبر عنها عادة بنسبة مئوية فيقال مثلاً: إن كفاءة محول ٦٥, أو ٦٥٪.

ويلاحظ أن القدرة الناشئة من مرور التيار في الملف الابتدائي للمحول لا تستهلك الا إذا استنفذت كمية من القدرة بواسطة توصيل الملف الثانوي بجزء يقوم باستهلاك هذه القدرة.

وتختلف كفاءة المحولات المستخدمة في أجهزة الإرسال والاستقبال اللاسلكية باختلاف حجم المحول وتصميمه وهي تتراوح بين ٦٠٪ و ٩٠٪.

الممانعة في المحولات

إذا استخدم تيار كهربائي في الملف الابتدائي لمحول فإنه يعاني معارضة (تنشأ عن مقاومة أسلاك الملف الابتدائي بالإضافة إلى رد فعل الملف الابتدائي كما سبقت الإشارة إلى ذلك .) وتسمى هذه الممانعة بممانعة الدخول

Input Impedance

وعندما يستخدم التيار الخارج من الدائرة الثانوية في غرض من الأغراض بتوصيل ملفها الثانوي بدائرة كهربية تقوم باستهلاك القدرة الكهربية الخارجة من هذا الملف . تسمى هذه الدائرة بدائرة الحمل Load Circuit

output Imp.

وهناك علاقة بين ممانعة الخروج وممانعة الدخول بدلالة عدد لفات كل من الملف الثانوي والملف الابتدائي * .

وباختيار نسبة ملائمة من عدد اللفات لمحول يمكن أن نغير من ممانعة الحمل في الحدود العملية اللازمة ، وتسمى هذه العملية بعملية توفيق الممانعة

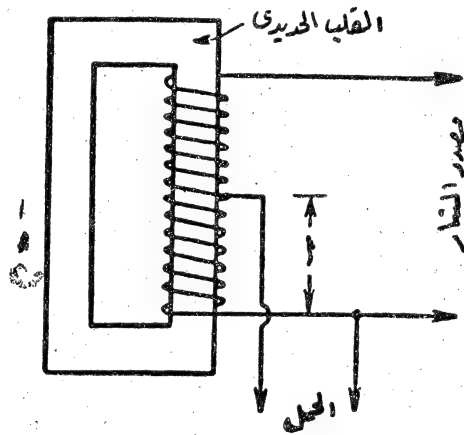
matching

$$\frac{\text{مربع عدد لفات الملف الثانوي}}{\text{مربع عدد لفات الملف الابتدائي}} = \frac{\text{* ممانعة الخروج (أو الحمل)}}{\text{ممانعة الدخول}}$$

ويلاحظ أن هذه العلاقة تنطبق على محول مثالي أى لا يحدث فيه أى فقد للقدرة الكهربائية عند انتقالها من الملف الابتدائي إلى الملف الثانوي . ويلزم عند تصميم المحول أن تكون كمية القدرة المفقودة داخليا فيه أقل ما يمكن ، كما يجب أن يكون رد فعل الملف الابتدائي صغيرا بالنسبة للتيار الداخل .

المحولات الذاتية

يمكن تركيب محول ذي ملف واحد بدلا من ملفين منفصلين ، كما هو مبين بالرسم (شكل ٢٩) ويسمى هذا النوع بالمحول الذاتي . auto - transformer



شكل (٢٩)

المحول الذاتي : نسبة جهد الحمل إلى جهد المصدر كالنسبة بين عدد اللفات المتصلة بالمصدر إلى عدد اللفات المتصلة بالحمل .

وكل النظريات التي بنى عليها المحول العادي التأثيرى تنطبق تماماً على المحول الذاتي .

وشدة التيار المار خلال الجزء (١) من الملف المبين بالرسم يساوى الفرق بين شدة التيار المار في الملف الابتدائي وشدة تيار الحمل لأن كلا من هذين التيارين خارج عن الطور بالنسبة لبعضهما .

فإذا كان تيار المصدر مساوياً لتيار الحمل تقريباً فإن الجزء المشترك من اللفات يمكن أن يكون عدد لفاته قليلاً ، ويمكن أن يكون الأمر كذلك إذا كان جهد المصدر لا يختلف كثيراً عن جهد الحمل .

وتستخدم المحولات الذاتية عادة ، في تقليل جهد مصدر التيار الكهربى العام بكميات قليلة نسبياً .

التحصيل GAIN

التحصيل نسبة يمكن بواسطتها معرفة مقدار التكبير الذى يحدثه أى جهاز يقوم عمله على التيارات الكهربائية . فتحصيل القدرة هو النسبة بين القدرة التى تخرج من الجهاز والقدرة الداخلة فيه وقد تسمى قوة التكبير . وتحصيل التيار هو النسبة بين شدة التيار الخارج وشدة التيار الذى يدخل الجهاز . وتحصيل الجهد هو النسبة بين جهد الحمل وجهد التيار الذى يصل إلى الجهاز . ويستخدم اصطلاح التحصيل كثيراً عند دراسة خواص جهاز تكبير يستعمل فيه الصمامات الالكترونية أو الترانزستور . كما يستخدم هذا الإصطلاح بالنسبة لشدة الصوت الناتجة من التكبير فى التيار . وثمة ملاحظة بالنسبة لشدة الصوت يجدر مراعاتها وهى أنه لو كان نتيجة مرور تيار معين حدوث صوت بشدة معينة ثم زيدت شدة التيار إلى الضعف مثلاً فلا ينتج من ذلك أن تزداد شدة الصوت إلى الضعف أيضاً بل وجدت هناك علاقة * رياضية يمكن تلخيصها فيما يلى .

تحصيل شدة الصوت (أى نسبة شدة الصوت ثانياً إلى شدة الصوت أولاً = ١٠ لو غايرتم تحصيل القدرة (قوة التكبير)

(*) رسمت منحنيات تمثل العلاقة بين تحصيل شدة الصوت وبين تحصيل القدرة (قوة التكبير) ومنها استنتجت العلاقة السابقة .

ومن المعادلة السابقة ينتج أن $\frac{\text{قدرة التيار الخارج}}{\text{قدرة التيار الداخل}} = ١٠$ لتحصيل شدة الصوت

وقد اختير لتحصيل شدة الصوت وحدة تسمى « البل » (نسبة إلى العالم الانجليزى جراهام بل). والوحدة العملية الكثيرة الاستعمال هى الديسى بل $\frac{\text{بل}}{\text{بل}} = ١$ الوحدة السابقة ومن العلاقة السابقة يمكن حساب تحصيل شدة الصوت من معرفة قوة التكبير. وهناك علاقات رياضية مماثلة لإيجاد شدة الصوت بعد معرفة التكبير للجهد وتكبير شدة التيار *.

مثال (١): إذا كانت النسبة بين القدرة الخارجة والقدرة الداخلة $= ١ : ٤$ فما هو تحصيل شدة الصوت.

بتطبيق المعادلة السابقة نجد أن تحصيل شدة الصوت فى هذه الحالة $= + ٦$ ديسى بل.

مثال (٢): إذا كانت النسبة بين القدرة الداخلة والقدرة الخارجة $= ١ : ٤$ فما هو تحصيل شدة الصوت.

بتطبيق المعادلة السابقة نجد أن تحصيل شدة الصوت فى هذه الحالة $= - ٦$ ديسى بل.

مثال (٣): إذا كانت النسبة بين جهد التيار الخارج وجهد التيار الداخل $= ١ : ٤$ فما هو تحصيل شدة الصوت.

بتطبيق المعادلة الموجودة فى أسفل الصفحة نجد أن تحصيل شدة الصوت $= ١٢$ ديسى بل.

(*) تحصيل شدة الصوت $= ٢٠$ لو $\frac{\text{المجهود الخارج}}{\text{المجهود الداخل}} = ٢٠$ لو $\frac{\text{شدة التيار الخارج}}{\text{شدة التيار الداخل}}$

مثال (٤) : إذا كانت النسبة بين شدة التيار الخارج وشدة التيار الداخل

$$= ٤ : ١ \text{ فما هو تحصيل شدة الصوت :}$$

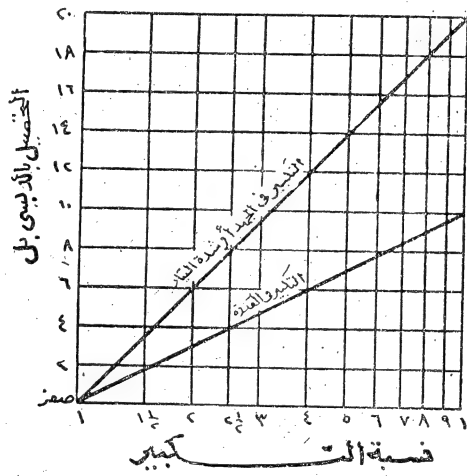
بتطبيق المعادلة الموجودة في أسفل الصفحة السابقة نجد أن تحصيل شدة

$$\text{الصوت} = ١٢ \text{ ديسي بل.}$$

ومن الأمثلة السابقة نرى أن شدة الصوت سوف تزيد بمقدار ٦ مرات

عندما يزيد التيار الخارج عن التيار الداخل بمقدار ٤ مرات . وهناك رسم

بيان خاص شكل (٣٠) يمكن بواسطته معرفة أقصى ما يمكن أن تصل إليه



شكل (٣٠)

رسم بياني يبين العلاقة بين التحصيل بالديسي بل وقوة تكبير القدرة أو تكبير أى من شدة التيار أو الجهد

شدة الصوت بزيادة القدرة الخارجة من الجهاز عن القدرة الداخلة بأقصى

ما يمكن الحصول عليه من الجهاز ومن هذا الرسم يمكننا أن نرى أنه إذا زاد

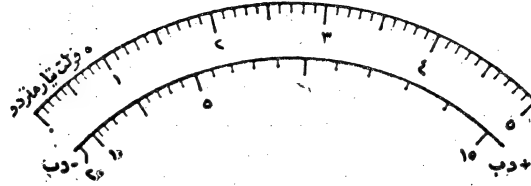
تحصيل القدرة في المثال السابق بمقدار ١٠ مرات فإن الصوت لن يزيد

إلا بمقدار مرتين وثلاثي مرة فقط (إذا كانت قوة التكبير للقدرة ٤٠ : ١

فإن تحصيل شدة التيار تصبح ١٦ أى تزيد عن القدر الأول بمقدار

$$= \frac{١٦}{١} = \frac{٢}{٣}) .$$

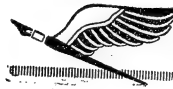
وهناك مقياس عملي لتعيين قوة تحصيل الصوت بالديسى بل مباشرة وتدرجه مبين بالشكل (٣١) ويلاحظ أن تدرج شدة الصوت غير متطابقة



شكل (٣١)

التدرج الموجود على المقياس المستخدم في قراءة التحصيل بالديسى بل مباشرة

مع تدرج الجهد الذى يقيسه الجهاز ومن الملاحظ كذلك أن تدرج الصفر لشدة الصوت على التدرج السفلى تقابل جهداً قدره ١ فولت على التدرج العلوى وكل قراءة بعد الصفر ناحية اليمين يشار إليها بعلامة (+ دب) وكل قراءة قبل الصفر تعطى إشارة (- دب) .



النظرية الذرية الحديثة

إن عالمنا المادى يحتوى على أشياء كثيرة جدا مثل الخشب والحديد والزجاج والسكر وكل منها نسميه مادة . ونحن نعنى بالمادة كل شئ يشغل حيزا من الفراغ وله وزن . ولنأخذ مثلا بسيطا من أمثلة هذه المواد (الماء) إذا أخذنا كمية من الماء وأمكنتنا أن نقسمها إلى أقسام صغيرة وظللنا فى عملية التقسيم فسوف نصل ولو نظريا إلى جزء صغير من الماء لا يمكننا أن نقسمه إلى أصغر منه بالطرق العادية لعمليات التقسيم والفصل . وهذا الجزء الصغير جدا يظل محتفظا بخواص الماء الأصلية من حيث لونه وطعمه وخواصه الكيميائية . ونسمى هذا الجزء المتناهي فى الصغر بالجزء

وإذا أمكنتنا إمرار تيار كهربى فى الماء فإن هذا الجزء من الماء سوف يتحلل إلى غازين هما الأكسوجين والهيدروجين وهما لا يشبهان الماء فى أى من خواصه بل هما أبسط منه تركيبا . ونسمى المواد التى يمكن أن تتحلل بالكهربية أو بغيرها من الوسائل إلى ما هو أبسط منها مثل الماء بالمركب Compound ونسمى المادة التى لا يمكن أن تتحلل إلى أبسط منها بالعنصر Element وأصغر جزء من المركبات هو الجزيء Molecule .

ولكن الجزيء من المواد المختلفة قد يحتوى على وحدة أصغر منه أو مجموعة الوحدات تسمى الذرات Atoms وقد تكون مختلفة وذلك فى حالة مركبات ، أو متشابهة كما فى حالة العناصر . ويجب أن يلاحظ أن جزيء المركب رى على الأقل على ذرتين مختلفتين فى نوعيهما .

وهناك أنواع كثيرة من الجزيئات كما أن هناك أنواعا كثيرة من المواد .

ولكن لا يوجد في العالم غير ٩٢ عنصرا وبذلك لا يكون هناك غير ٩٢ ذرة .
وعندما نذكر ذلك لا بد أن ننوه عن جهود العلماء الذين فتحو آفاق الطاقة
الذرية خلال السنوات الأخيرة ، وأمكنهم أن يحولوا العناصر إلى بعضها
البعض ، بل وأمكنهم استنباط عناصر جديدة من العناصر القديمة الموجودة .
ولقد وصل عدد العناصر المستنبطة حديثا إلى عشرة عناصر أمكن استخدامها
وبذلك أصبح مجموع العناصر المعروفة ١٠٢ عنصرا . كما أنه يمكننا
استخدام أنواع مختلفة من اللبنة لبناء عمارة مثلا ، فإنه يمكننا كذلك
استخدام عدة أنواع من الذرات لتركيب الجزيئات . ومعظم المواد المعروفة
للإنسان تتكون من عدد قليل من العناصر أو الذرات المختلفة الأنواع
مرتبطة مع بعضها بنسب مختلفة .

ولقد كان العالم الإنجليزى جوزيف تومسون J. J. Thomson سنة
١٨٩٧ أول من أعلن أن الذرات إذا أحيطت بظروف خاصة فإنه يمكنها
أن تطلق أجزاء متناهية الصغر ، وكان ذلك حدثا كبيرا قضى على الاعتقاد
بأن الذرة هي أدق شيء في الوجود وأنها لا تتحلل إلى ما هو أبسط منها ،
وقد سميت هذه الأجزاء الصغيرة بالـ إلكترونات Electrons وهذه
الـ إلكترونات كلها متشابهة بغض النظر عن المواد التي تنطلق منها .

وعندما توالت بحوث العلماء في موضوع تجزئ الذرة أخذوا يتعمقون
في دراسة تكوين الذرة للوصول إلى أسرارها ، ونتيجة لهذه الدراسة قاموا
بوضع نظريتهم المسماة بالنظرية الـ إلكترونية والتي يمكن بواسطتها فهم
تركيب المادة . وعندما وضعت هذه النظرية كانت في أبسط صورها تذكر
أن الذرة مكونة من نواة تحتوى على ما نسميه البروتونات التي تكون الجزء
الأكبر من المادة وهي موجودة في المركز ولها شحنة كهربائية موجبة ،
ويدور حول النواة مجموعات من أجزاء صغيرة من المادة مشحونة بشحنات
سالبة وتسمى الـ إلكترونات .

هذا وقد تبين بعد ذلك أن الذرة لا تحتوى فقط على ما سبق ولكنها كذلك تحتوى على أجزاء أخرى مثل النيوترونات Neutrons والميزوترونات Mesotrons والبوزيترونات Positrons والنيوترينو Neutrino والأتى بروتونات Anti- Protons وبذلك يجب أن يكون مفهوماً أن عبارة النظرية الالكترونية تشمل كل المعلومات التي أصبحت معروفة عن التركيب الذرى .

وفيما عدا الالكترونات والبروتونات والنيوترونات فإن الأجزاء الأخرى التي ذكرناها لا توجد في الذرة في الأحوال العادية ولكنها تظهر لمدة قصيرة عند تحطيم الذرة أو أنه يمكن استنباطها بطرق علمية خاصة . والأجزاء التي سنتعرض لها في نطاق هذا الكتاب وسوف نقصر على توضيحها هي الالكترونات والبروتونات والنيوترونات .

وحسب النظرية الالكترونية تتكون الذرة من ثلاثة أجزاء رئيسية :

١ - الالكترونات وهي محملة بشحنة سالبة .

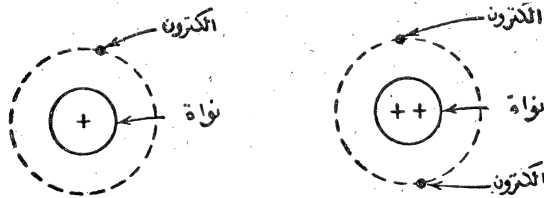
٢ - البروتونات وهي محملة بشحنة موجبة ويبلغ وزن البروتون ١٨٤٠ مرة قدر وزن الالكترون .

٣ - النيوترون ولا يحمل أية شحنة كهربية ووزنه يساوى وزن البروتون .

وتحتوى جميع الذرات على المكونات الثلاثة السابقة وتختلف الذرات عن بعضها في عدد هذه المكونات ، وطريقة ترتيبها في الذرة .

ولقد أعطى نيلز بوهر N. Bohr وهو عالم دانيمركى صورة للذرة وهي صورة مقبولة وما زالت إلى الآن هي الصورة المأخوذة بها في تركيب الذرة . وتتتركب الذرة من وجهة نظر بوهر من نواة في وسطها ، يدور حولها

بسرعة كبيرة عدد معين من الإلكترونات في مدارات تشبه مدارات المجموعة الشمسية وتسمى الإلكترونات التي تدور حول النواة بالإلكترونات المدارية . وتحتوى النواة على جميع البروتونات والنيوترونات التي تكون أساسياً كتلة الذرة . وتختلف ذرة عنصر عن ذرة عنصر آخر في عدد البروتونات والنيوترونات الموجودة فيها . ويسمى عدد البروتونات الموجودة في نواة الذرة بالعدد الذرى وهو يساوى في المقدار ويخالف في نوع الشحنة الإلكترونات التي تدور حول النواة ويبدأ العدد الذرى بالرقم (١) للإيدروجين وينتهى عند (٩٢) لليورانيوم وأعلى من ذلك للعناصر الجديدة المستنبطة من اليورانيوم . والرسم شكل ١٣٢ ، ب يوضح أبسط الذرات وهما ذرة الأيدروجين وذرة الهليوم (وهو العنصر الذى يلي الأيدروجين) ورقم الذرى (٢) . ويلاحظ أن الشحنات السالبة الموجودة على الإلكترونات المدارية مساوية في مجموعها للشحنات الموجبة الموجودة على البروتونات داخل النواة وبذلك يحصل بينهما تعادل ولا تظهر أى قوة كهربية خارج الذرة وعدد الشحنات السالبة الموجودة خارج النواة تساوى تماماً عدد الشحنات الموجودة في النواة وقد رتب العناصر حسب عدد الإلكترونات المدارية في الذرة من (١) للأيدروجين إلى ٩٢ لليورانيوم في جدول خاص يسمى الترتيب الدورى للعناصر .



شكل ٣٢ ب — تركيب ذرة الهليوم شكل ١٣٢ — تركيب ذرة الأيدروجين

وكل الذرات فيما عدا ذرة الأيدروجين تحتوى على نيوترونات فتحتوى ذرة الهليوم على نيوترونين وتحتوى نواة ذرة اليورانيوم على ١٤٦ نيوترون .

ولا يوجد على النيوترون أى شحنة ولو أنه فى بعض الحالات يظهر كما لو كان بروتون مشحونا بشحنة موجبة متحداً مع الكترون مشحون بشحنة سالبة بحيث تعادلت الشحنتان الموجبة والسالبة وبذلك لا تظهر الكهربية عليهما بعد هذا الاتحاد .

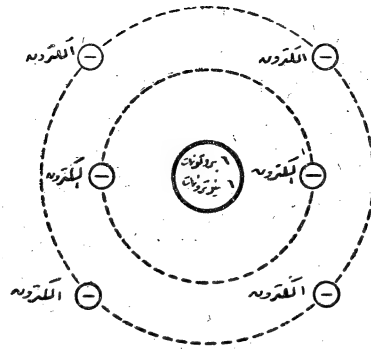
وبالرغم من تساوى عدد البروتونات فى ذرات العنصر الواحد إلا أن بعض ذرات هذا العنصر قد يحتوى على أعداد مختلفة من النيوترونات وبذلك تختلف فى أوزانها الذرية . فمثلاً قد وجد أن هناك ثلاثة أنواع من ذرات الأيدروجين فكلها عددها الذرى واحد أى أن عدد البروتونات فى أنويتها متساو وهو بروتون واحد . أما النوع الأول وهو النوع الشائع من الأيدروجين فلا يوجد فى نواة ذرته غير هذا البروتون ولا توجد أية نيوترونات معه . وهناك نوع ثان من الأيدروجين وزنه الذرى (٢) وتحتوى نواة ذرته على بروتون واحد ونيوترون واحد . ونوع ثالث من الأيدروجين وزنه الذرى (٣) وتحتوى نواته على بروتون واحد ونيوترونين وبالرغم من أن هذه الأنواع الثلاثة مختلفة فى أوزانها الذرية إلا أنها متشابهة فى كل الخواص الأخرى للأيدروجين .

وتسمى هذه الذرات المختلفة لنفس العنصر بالنظائر Isotopes . ويعرف لمعظم العناصر نظيران أو ثلاثة نظائر لكل منها . ومن الممتع هنا أن نذكر أن العلماء أمكنهم إستحداث نظائر صناعية للعناصر ، وذلك بقذف ذراتها بالنيوترونات . فمثلاً قد أمكن قذف ذرات اليورانيوم ووزنه الذرى ٢٣٨ (٩٢ بروتون + ١٤٦ نيوترون) بالنيوترونات وأمكن لكل ذرة أن تحتفظ بنيوترون واحد بالإضافة إلى ما بها من نيوترونات وبذلك يصبح الوزن الذرى للنظير الجديد لليورانيوم هو ٢٣٩ (٩٢ بروتون + ١٤٧ نيوترون) .

ولنوجه نظرنّا الآن نحو الالكترونات الخارجية التي تدور حول النواة في الذرة . وكما ذكرنا سابقا فإن لكل بروتون يوجد في النواة الكترون يدور حول النواة ويسمى بالالكترون المدارى ، وبذلك تختلف عدد الالكترونات في العناصر المختلفة . ويبدأ من الكترون واحد في حالة ذرة الأيدروجين ويصل إلى ٩٢ الكترون في حالة ذرة اليورانيوم أو أكثر من ذلك في العناصر المشعة المستحدثة وتدور هذه الالكترونات في مدارات مركزية حول النواة تشبه أغلفة قشور البصلة ولكل مدار عدد خاص من الالكترونات لا يتحمل وجود عدد أكبر منه فإذا ما زادت هذه الالكترونات عما يلزم لأى من المدارات فإن الالكترونات الزائدة ترتب نفسها في مدار خارجى جديد والمدار الأول وهو الداخلى القريب من النواة يحتوى على الكترونين فقط . فإذا وجدت في الذرة ثلاثة الكترونات فإن الالكترون الأخير الزائد سوف يدور في مدار آخر حول المدار الأول وذى قطر أكبر من الأول . ويمكن للمدار الثانى أن يدور فيه ثمانية الكترونات ثم مدار ثالث يمكن أن يدور فيه ١٨ الكترون . ومع ذلك فإنه في بعض الذرات المعقدة التركيب نجد أن هناك عدداً من الكترونات تدور في مدارات خارجية بالرغم من أن المدارات الداخلية لم يكتمل فيها عدد الالكترونات التي يمكن أن تدور عليها .

والرسوم المرفقة تبين الأشكال النظرية لبعض الذرات .

فالرسم شكل ٣٢ السابق يمثل ذرة الهليوم تحتوى على بروتونين ونيوترونين ويوجد في مدارها الوحيد الخارجى الكترونان يدوران حول النواة . والرسم شكل ٣٣ يمثل تركيب ذرة الكربون فالنواة تحتوى على ٦ بروتونات ، ٦ نيوترونات وتدور ٦ الكترونات حول النواة في مدارين الكترونان في مدار داخلى قريب من النواة و ٤ الكترونات في مدار

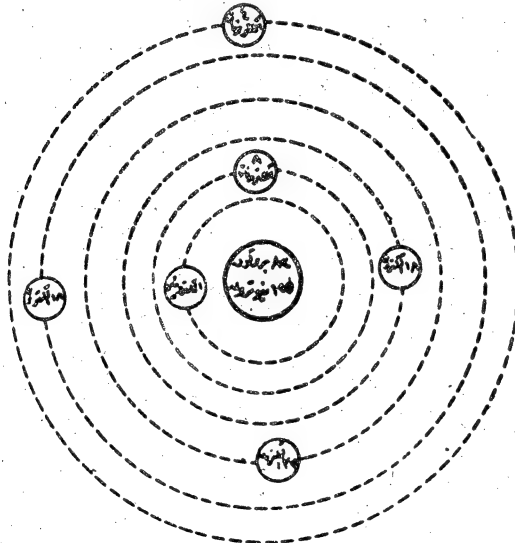


شكل (٣٣)

التركيب النظري للذرة الكربون

خارجي يبعد عن النواة . وتعتبر المدارات على العموم مدارات بيضاوية ولكنها مرسومة هنا رسماً دائرياً لتسهيل الرسم . أما الرسم شكل ٣٤ فيمثل ذرة الرصاص . وعدد الإلكترونات المدارية ٨٢ إلكترون رتبت نفسها في ٦ مدارات حول النواة بالترتيب التالي :

٢، ٨، ١٨، ٣٢، ١٨، ٤ من الإلكترونات .



شكل (٣٤)

تركيب ذرة الرصاص

في النواة (٨٢ بروتون ؛ ١٢٥ نيوترون) ويدور ٨٢ إلكترون في ستة مدارات حول النواة

ويلاحظ أن الدائرة في هذا الرسم لا تمثل الكترونا واحداً بل تمثل كافة الكترونات المدار لسهولة التوضيح، وباستثناء الالكترونات الموجودة في المدارات الخارجية للذرة، فإن بقية أجزاء الذرة تترايط فيما بينها ترايطاً قوياً، ولكي تفصل هذه الاجزاء عن بعضها فإنه تلزم قوة هائلة لإحداث هذا الانفصال.

وأصعب العمليات في الواقع هي عملية تحطيم الذرة، أى إحداث انفصال بين مكونات الذرة، وإذا حدث مثل هذا التحطيم نتجت كميات ضخمة من الطاقة تساوى الطاقة الموجودة في الذرة واللازمة للمحافظة على ترايط مكونات الذرة بعضها ببعض.

أما إذا حدث أى اضطراب في هذه الالكترونات الداخلية نتجت عن ذلك بعض الطاقات التي تخرج من الذرة مثل أشعة رونتجن المسماة بأشعة إكس.

وأسهل هذه الأجزاء للتفكك هي الالكترونات الموجودة في المدارات الخارجية البعيدة عن النواة، فهي أقل الالكترونات ارتباطاً بالنواة نظراً لقلّة قوة التجاذب بينها وبين النواة. وكحقيقة علمية ثابتة، يمكننا القول بأن الالكترونات تدخل في هذا المدار الخارجى البعيد عن النواة وتخرج منه في الأحوال العادية بشكل منتظم. وتقترن الالكترونات في هذا المدار الخارجى بخواص الذرة الكيميائية وما يعتريها من تغيرات طبيعية، وكذلك فإن هذه الالكترونات الخارجية تحدد الخواص الكهربائية للذرة.

ولعلك تتساءل أيها القارئ العزيز عما هو حجم الذرة والجزء؟

إن بعض الجزيئات يحتوى على مئات بل آلاف من الذرات. ولو استخدمنا أقوى أجهزة التكبير الميكروسكوبى فإننا لن نتمكن من رؤية

هذه الجزيئات أو الذرات اللهم إلا بعض الجزيئات الكبيرة جداً التي أمكن للإنسان رؤيتها بعد تكبيرها عدة آلاف من المرات .

ولتصوير مدى صغر ذرة الايدروجين، حسب بعض العلماء أنه لو صفت ذرات الايدروجين في خط واحد بحيث تكون متجاورة ، فإن ٢٥٠ مليون ذرة منها تشغل طولا قدره بوصة واحدة .

ولتصور مدى صغر الالكترون حسب أنه لو صفت الالكترونات بجوار بعضها فإن ١٠٠٠٠٠ (مائة ألف) الالكترون منها تشغل مسافة تساوى قطر ذرة واحدة من الايدروجين .

ولتصوير حجم البروتون أو النيوترون أمكن حساب أنه لو وضع ١٨٠٠ بروتون أو نيوترون بجوار بعضها فإنها تشغل ما يساوى قطر الالكترون واحد .

الباب الثالث

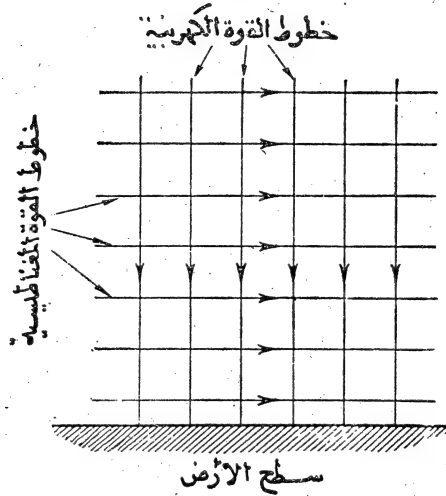
الموجات اللاسلكية

تشبه الموجات اللاسلكية في طبيعتها كلامن موجات الضوء والحرارة، وكأما من نوع الموجات الكهرومغناطيسية. Electro - Magnetic Waves. وتختلف هذه الأنواع الثلاثة عن بعضها في أطوال موجاتها . فأطوال موجات اللاسلكي أكبر بكثير من أطوال موجات الحرارة وهذه أكبر من أطوال موجات الضوء ، وتنتشر جميع الموجات الكهرومغناطيسية بأنواعها الثلاثة في الفراغ بسرعة ٣٠٠٠٠٠ كيلو متراً في الثانية أو ٣٠٠ مليون متراً في الثانية ، وتتبع هذه الموجات كلها قوانين واحدة من حيث الانعكاس والانكسار .

وتتركب الموجة الكهرومغناطيسية من مجالين متعامدين متحركين أحدهما مجال مغناطيسي والآخر مجال كهربى ، ومستوى هذين المجالين عمودى على مستوى انتشار الموجات . وتمثل الخطوط الرأسية المتعامدة على الأرض في الشكل (٣٥) خطوط المجال الكهربى أما الخطوط الأفقية الموازية للأرض فتمثل خطوط المجال المغناطيسى . ولا بد أن يظل المجالان الكهربى والمغناطيسى متعامدين مهما تغير اتجاه انتشار الموجة الكهرومغناطيسية .

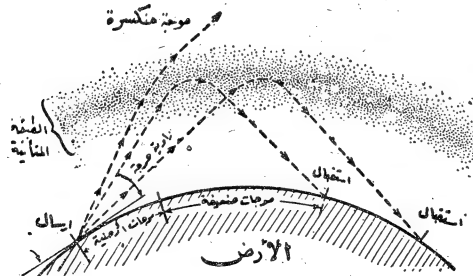
وتنتشر موجات اللاسلكى في الفراغ بالسرعة التى سبق ذكرها ولكن هذه السرعة تزداد في الهواء وتقل في الأوساط العازلة . ولا يمكن لموجات اللاسلكى أن تحترق المواد الموصلة (مثل المعادن) إلا بدرجة محدودة وسبب ذلك يرجع إلى ان خطوط المجال الكهربى سوف تمتص بواسطة المادة

وتنتج قوة دافعة كهربية في هذا الموصل في حين أن المواد العازلة لا تمتص شيئاً من هذه الموجات وبذلك تنفذ خلالها .



(شكل ٣٥) موجة لاسلكية

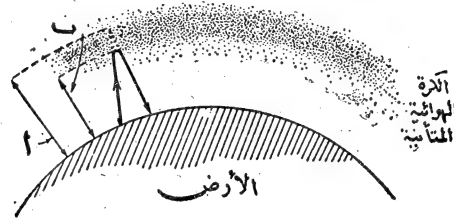
وعندما تنتقل موجات اللاسلكي خلال طبقات الهواء التي تختلف في تركيبها وخواصها فإن هذه الموجات تغير من اتجاه سيرها وقد تنعكس ثانية في اتجاه مضاد لاتجاه سيرها الأصلي . وتماثل موجات اللاسلكي في انعكاسها (تغيير اتجاهها) وانعكاسها (إرتدادها) ، انعكاس وانعكاس موجات الضوء . ويرجع انعكاس موجات اللاسلكي شكل (٣٦) إلى إختلاف السرعة التي تسير بها في الأوساط المختلفة .



(شكل ٣٦)

مسار الموجات اللاسلكية وانعكاسها عند سطح الكرة الهوائية المتباينة

ومن العوامل التي تسبب تغيير اتجاه موجات اللاسلكى اصطدامها بجبل وكذلك وجود كرة هوائية متأينة Iono sphere شكل (٣٧) تحيط بالكرة الأرضية وسيأتى وصف تلك الكرة وتأثيرها بعد ذلك .



(شكل ٣٧)

انحناء الموجات اللاسلكية وانعكاسها عند سطح الكرة الهوائية المتأينة

وتختلف شدة الموجات اللاسلكية باختلاف المسافة بين مصدر هذه الموجات (الهوائى فى محطة الإرسال) وبين مكان استقبالها بحيث تزداد شدة الموجات كلما اقتربنا من المصدر وتقل بالبعد عنه ويلاحظ مثلاً أن استقبال الموجات اللاسلكية التى تذيع عليها محطة القاهرة يكون ضعيفاً فى المنيا وذلك لكبر المسافة بينها وبين القاهرة (٢٧٠ كيلو متر) ولذلك فقد قامت حكومة الجمهورية العربية المتحدة ببناء محطة إرسال فى المنيا لتقوية هذه الموجات المرسلة من محطة القاهرة ، ويشبه ضعف موجات اللاسلكى ببعدها عن المصدر ، ضعف موجات الماء لبعدها عن مكان الحجر الذى يصيب الماء وبسبب هذه الموجات .

وتنقسم موجات اللاسلكى من حيث الأوساط التى تنتشر فيها إلى ثلاثة أنواع : -

١ - موجات الكرة الهوائية المتأينة

وتشمل الموجات التى تصل إلى هذه الطبقة وتستمر فى اختراق هذه الطبقة أو تنعكس عنها أو تنعكس إلى الأرض ، ويتوقف ذلك على حالة هذه الطبقة وطول الموجة اللاسلكية الصادرة إليها .

٢ — موجات هوائية :

وتشمل الموجات التي تنتقل خلال الطبقة الهوائية التي تحيط بالأرض وقد تنكسر هذه الموجات أو تنعكس عندما تصادف كتلا هوائية مختلفة في درجة حرارتها أو درجة رطوبتها .

٣ — موجات أرضية شكل (٣٨) :



(شكل ٣٨)

الموجات الصادرة من محطة إرسال وتصل إما مباشرة إلى جهاز الاستقبال ؛ أو بعد انعكاسها عن سطح الأرض

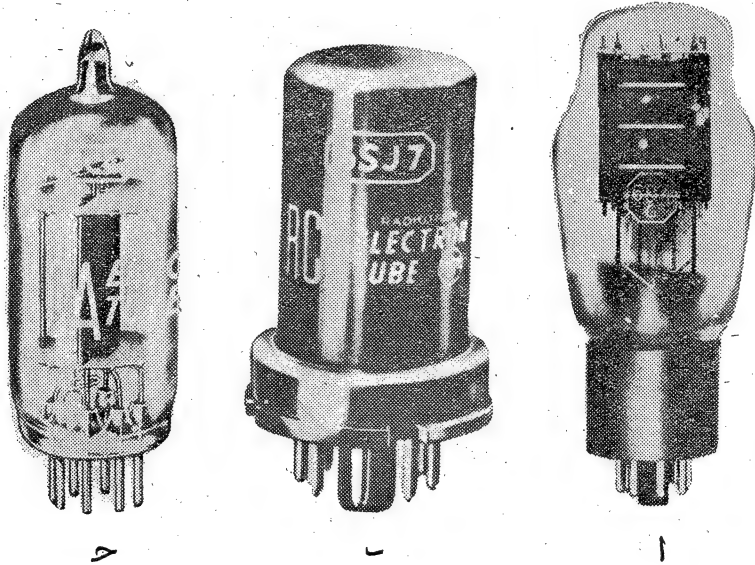
وتشمل جزءاً من الموجات التي يشعها المصدر وهي تتأثر بحالة الأرض وشكلها من حيث الارتفاع والانخفاض وتنعكس على سطح الأرض إلى أعلى الطبقات الهوائية المتأينة .

وتوجد حول كرتنا الأرضية مجموعة من الكرات الهوائية المتأينة وتبعد أقرب هذه الطبقات عن سطح الأرض مسافة ٦٠ ميلاً وهي مكونة من أيونات من الغازات المكونة للهواء تنبج بفعل الأشعة فوق البنفسجية التي تصل من الشمس والتي تسبب فصل بعض الإلكترونات من المدارات الخارجية لذرات الغاز وتطلقها بعيداً عن ذراتها مما يسبب ظهور شحنات موجبة على على هذه الذرات ونظراً لأن الهواء في هذه المنطقة يعتبر كثيفاً بالنسبة للمناطق العلوية الأخرى فإن تركيز الأيونات فيها يصبح أكبر منه في أي طبقة أخرى. وتسمى هذه الطبقة المتأينة E. Layer وهناك طبقة أخرى وتسمى هذه الطبقة المتأينة F. Layer وتنفصل هذه الطبقة إلى منطقتين الأولى على إرتفاع ١٤٠ ميلاً والأخرى على إرتفاع ٢٠٠ ميلاً أثناء النهار ويرجعان إلى الاتحاد بالليل لتكوين طبقة واحدة .

الباب الرابع

الأنبوبة الالكترونية Electronic Tube

تتكون الأنبوبة الالكترونية (ومن أشكالها الصمام العادى المستعمل فى أجهزة اللاسلكى شكل ١٣٩ ، ب، ح) من أنبوبة زجاجية أو معدنية مقفلة مفرغة من الهواء أو مملوءة بغاز معين قد لحم بداخلها قطبان أحدهما يعتبر مصدراً للإلكترونات ويسمى بالطرف الباعث أو المهبط (الكاثود) والآخر يقوم بجذب الإلكترونات إليه ويسمى اللوح أو المصعد (الأنود) يوصل دائماً بجهد كهربى موجب لى يقوم بعمله .



شكل (٣٩)

- (أ) صمام ثلاثى بثمانية أرجل وغلاف زجاجى .
- (ب) صمام ثلاثى بثمانية أرجل وغلاف معدنى .
- (ج) صمام ثلاثى صغير بسبعة أرجل .

وهناك ثلاثة طرق تتبع في الأنبوبة الالكترونية لإطلاق
الالكترونات من المهبط .

١ - التسخين : تقوم الحرارة ببعث الإلكترونات من المهبط
وهي الطريقة الشائع استعمالها في الصمامات التي تسخن مهبطها باستخدام
التيار المستمر في أجهزة الراديو العادية .

٢ - استخدام جهد كهربى عال يوصل بالمصعد : فيقوم بسحب
الالكترونات من المهبط ويسمى الصمام في هذه الحالة بالصمام ذى المهبط
البارد Cold Cathode . وتستخدم هذه الطريقة في بعض الصمامات التي تدخل
في عمل المجددات لفتح وإغلاق الدوائر الكهربائية ، كما تستخدم في بعض
أنواع أنابيب توليد أشعة رونتجن (اكس) .

٣ - الضوء : بعض العناصر مثل الصوديوم والبوتاسيوم والسيزيوم
تنطلق منها الالكترونات عند تعريضها للأشعة الضوئية المنظورة (ألوان
الضوء السبعة) وغير المنظورة (الأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت
الحمراء) وتسمى هذه الظاهرة بالتأثير الضوئى الكهربى Photo - electric effect .

وعندما تنطلق الالكترونات من المهبط وتتجه في طريقها إلى المصعد
تكون إذ ذاك في درجة كبيرة من الحرية ويمكن التحكم في الكمية منها
التي تمر إلى المصعد عن طريق إمرارها خلال قطعة مثقبة من المعدن
تسمى الشبكة .

فإذا وصلت هذه الشبكة بجهد موجب زادت سرعة الالكترونات
التي تصل إلى المصعد ويزداد بذلك التيار المار من المهبط إلى المصعد ، أما إذا
وصلت هذه الشبكة بجهد كهربى سالب فإن الالكترونات تمتنع عن المرور
إلى المصعد وتقل بذلك شدة التيار المار من المهبط إلى المصعد وعند مرور

الالكترونات من المهبط إلى المصعد ينتج مجال مغناطيسى حولها ويتأثر بمجال مغناطيسى خارجى يمكن بواسطته التحكم فى سير هذه الالكترونات من المهبط إلى المصعد .

وتسمى الأنبوبة التى تحتوى على المهبط والمصعد وأى عدد من الشبكات التى يمكن وضعها بينهما فى طريق الالكترونات بالصمام الالكترونى .

الصمام الثنائى DIODE

يحتوى هذا الصمام على قطبين فقط أحدهما مهبط والآخر مصعد ، ويرمز للمهبط فى الرسم بالرمز \neg وللمصعد \neg والغلاف الخارجى \bigcirc أما رمز الصمام كله انظر شكل (٤٢) . وتوضع نقطة بجانب المهبط أو المصعد لترمز إلى أن هذا النوع يحتوى على غاز بداخله .

وهناك عدة أنواع من المهبطات التى يمكنها إطلاق الالكترونات وهى :

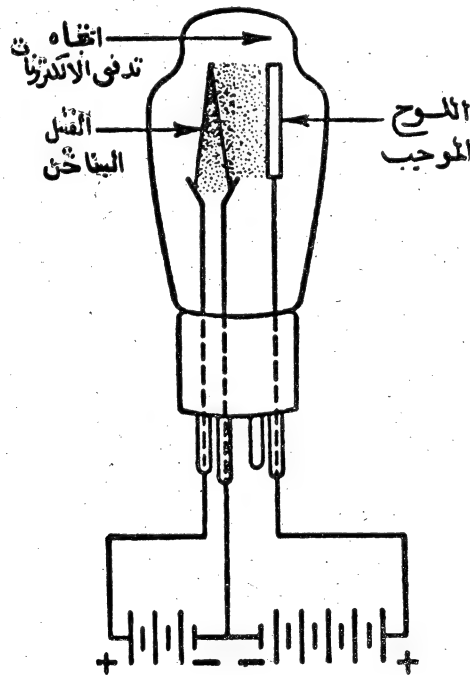
١ — الفتيل : يصنع على هيئة سلك رفيع من التنجستن وبمرور التيار فيه يسخن إلى درجة الاحمرار وهو يشبه عند إضاءته المصباح الصغير الذى يوضع بالليل بجانب السرير (السهارى) . وعند استعمال الفتيل لإطلاق الالكترونات فى الصمام فإنه يلزم إمرار تيار خاص به يختلف عن التيار الناتج عن مرور الالكترونات من الفتيل إلى المصعد . ويرمز للفتيل بالرمز \cap

٢ — المهبط المسخن تسخيناً غير مباشر : ويتكون المهبط فى هذه الحالة من أنبوبة معدنية تغطى من الخارج ببعض المواد الكيميائية (مثل أكسيد الباريوم أو الاسترونشيوم) التى يمكنها أن تطلق الالكترونات بسهولة عند تسخينها . ويقوم بتسخين هذه الأنبوبة فتيل خاص يوضع بداخلها ويمر به تيار كهربى . ولا يوجد أى اتصال كهربى بين المهبط والفتيل بل إنهما معزولان عن بعضهما . ويسمى الفتيل فى هذه الحالة بالمسخن وليس له عمل

إلا تسخين المهبط إلى درجة حرارة كافية لإطلاق الإلكترونات منه ويلاحظ هنا أن المهبط يدخل في دائرة المصعد فقط .

٣ - مهبط الزئبق : وهو عبارة عن تجويف في الزجاج توضع به كمية من الزئبق وبجانبه قطب معدني خاص . فإذا وصل الزئبق والقطب المعدني بمصدر التيار ذي جهد عال حدثت بينهما شرارة كهربائية ذات درجة حرارة عالية تحول الزئبق إلى بخار يمكن أن تنطلق من ذراته كمية كبيرة من الإلكترونات ويستخدم الصمام الثنائي من هذا النوع في بعض الأغراض الصناعية التي يحتاج فيها إلى تيار شديد .

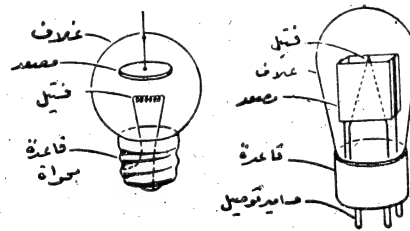
ويوصل المصعد (شكل ٤٠) بجهد كهربائي موجب لكي يمكنه أن يجذب إليه الإلكترونات التي تنطلق من المهبط . وكلما زاد جهد المصعد كلما زاد



شكل (٤٠)

الصمام الثنائي . يبين الشكل انبعاث الإلكترونات من القوس وانجذابها نحو اللوح .

عدد الالكترونات التي تصل إليه أى يزيد تيار المصعد . ولكن هذا الجهد المتصل بالمصعد يحدد بمقدار الالكترونات التي يطلقها المهبط . وعندما تصطدم الالكترونات بسطح المصعد فإنها تسبب توليد كمية من الحرارة يلزم التخلص منها ولذلك فإن المصعد يصنع من مواد تقاوم هذا التأثير الحرارى لاصطدام الالكترونات مثل الجرافيت والنيكل والتنجستن والموليبدنوم والتانتالوم . وفى بعض أنواع الصمامات الكبيرة يبرد المصعد بتيار من الهواء المضغوط أو بتيار من الماء . وأما حجم المصعد فيتوقف على كمية الحرارة التي يجب التخلص منها . ويكتفى فى بعض الصمامات (شكل ٤١) بقرص صغير من المعدن يستعمل كمصعد يوضع بجوار الفتيل ،



شكل (٤١)

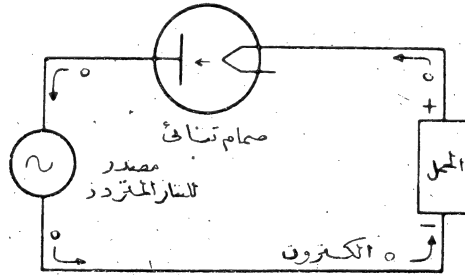
الصمام الثنائى : صمامين ليان شكلي من أشكال المصعد

وفى بعضها يكون المصعد على هيئة اسطوانة أو علبة مضلعة تحيط بالفتيل ، ويقوم بتوصيل الأجزاء الداخلية للصمام بالدوائر الخارجية أسلاك معدنية تلحم فى الزجاج ثم توصل بأطراف معدنية مثبتة فى قاعدة من مادة عازلة وتثبت الصمامات فى أماكنها من الأجهزة فى القواعد الخاصة ذات أطراف معدنية تلتصق بأنواع القواعد المستعملة فى هذه الصمامات وذلك حتى لا تتلف أطراف توصيل الصمامات إذا لحمت بالدوائر الخارجية .

عمل الصمام الثنائي :

يوصل الصمام الثنائي في دائرة مثل المبين بالرسم السابق (شكل ٤٠) وفيه يوصل القليل بدائرة كهربائية خاصة به تحتوي عليه وعلى بطارية تكون ذات جهد منخفض عادة تقوم بتسخينه عند مرور التيار الكهربائي به ، فتنتقل الالكترونات منه . فإذا وصل المصعد الآن بالقطب الموجب لبطارية ثانية ذات جهد عال ووصل الطرف السالب لهذه البطارية بالفتيل (الطرف المتصل بالقطب السالب للبطارية الأولى) فسوف تنجذب الالكترونات نحو المصعد مكونة تيارا يسمى تيار المصعد . وإذا عكسنا توصيل البطارية الثانية بحيث يتصل طرفها السالب بالمصعد وطرفها الموجب بالفتيل فإن الالكترونات التي تخرج من المهبط سوف ترتد إليه ثانيا بفعل قوة الطرد الناشئة عن وجود الشحنة السالبة على المصعد ويمتنع في هذه الحالة مرور تيار المصعد .

فإذا استبدلنا البطارية الثانية في الدائرة السابقة بمصدر للتيار المتردد شكل (٤١) فإن الالكترونات سوف تمر إلى المصعد خلال نصف دورة ،

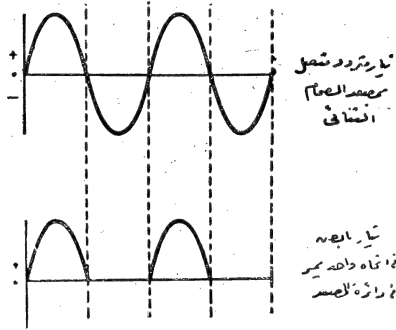


شكل (٤١)

دائرة تقويم لنصف موجة بواسطة صمام ثنائي واحد

(عندما يكون طرف التيار المتصل بالمصعد هو الموجب) وبتقطع مرور الالكترونات إلى المصعد خلال النصف الآخر من الدورة (عندما يكون طرف التيار المتصل بالمصعد هو السالب) .

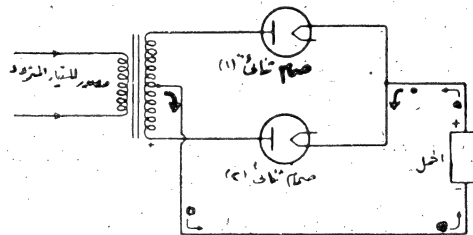
وبذلك ينتج تيار للمصدر في اتجاه واحد ولا يمكنه نابض كما هو مبين بالجزء السفلى من شكل (٤١ ب) وتسمى عملية تحويل التيار المتردد إلى تيار مستمر بعملية التقويم أو التوحيد Rectification ويسمى الصمام الثنائي الذي يقوم بهذه العملية صمام التقويم (مقوم) أو صمام التوحيد (موحد) .



شكل (٤١ ب)

المنحنى البياني الذي يبين كيفية تقويم نصف الموجة

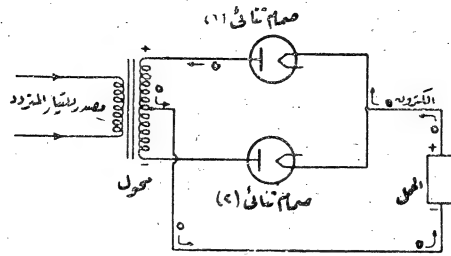
وإذا وصل الصمام المقوم بمصدر للتيار المتردد على التوالي بحمل فإن التيار النابض الذي يمر خلال الحمل يكون فقط أثناء نصف موجة ويسمى الصمام في هذه الحالة مقوم لنصف موجة .



شكل (٤٢)

دائرة تقويم للموجة السكاملة بواسطة صمامين أثناء نصف دورة

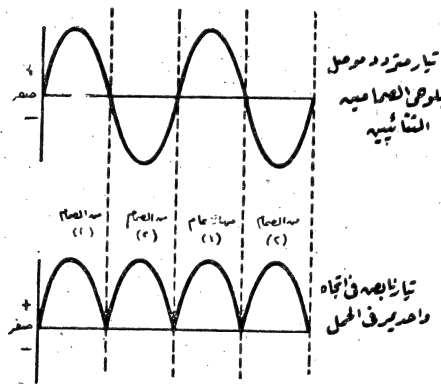
ويمكن أن يوصل مصدر التيار الكهربائي المتردد شكل ٤٢ ، شكل ٤٣ بصمامين مقومين خلال محول له ملفين ثانويين متساويين ومتصلين ببعضهما بسلك



شكل ٤٣

دائرته تقوم الموجة الكاملة بواسطة صمامين ثنائيين أثناء النصف الآخر من الموجة

متوسط بحيث يعملان بالتبادل لتغذية الحمل بالتيار المستمر أثناء نصف كل موجة وبذلك يتحول التيار كله كما هو مبين بالجزء السفلي من شكل ٤٤ إلى تيار نابض في اتجاه واحد أثناء الموجة كلها ، ويسمى التركيب السابق بدائرة توحيد للموجة الكاملة .



شكل (٤٤)

المنحنى البياني للتيار الذي يخرج من دائرته التحويل للموجة الكاملة

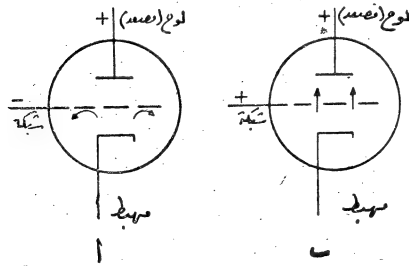
وأحيانا يوضع مصعدان في صمام واحد يوصل كل منهما باحد طرفي المحول وبسمى الصمام في هذه الحالة بصمام مقوم للموجة الكاملة (Full. W. Rectifier) والحصول على تيار مستمر وثابت الشدة توصل دائرة الخروج في مرحلة التقويم بمرشح (Filter) يتكون من مكثف أو مجموعة مكثفات وخائق (Choke) للتردد المنخفض ولتسهيل وصول

الالكترونات إلى المصعد يوضع داخل الأنبوبة قليل من بعض الغازات مثل النيون أو الأرجون أو قليل من بخار الزئبق .

ويستخدم الصمام الثنائي المفرغ من الهواء لتزويد أجهزة الاستقبال والارسال بالتيار المستمر عندما تكون مصممه بحيث تعمل على التيار العام . وتولد بعض الصمامات الثنائية التيار المستمر ذا الجهد العالي المستخدم في ترسيب الأتربة والاجزاء الثقيلة من دخان المصانع وفي صناعة أوراق الصنفرة وفي صناعة الخمل (القطيفة) . أما الصمامات الثنائية المملوءة بالغاز فإنها تستخدم للحصول من التيار المتردد على التيار المستمر اللازم لشحن البطاريات السائلة مثل بطاريات السيارات . والتيار المستخدم في عمليات اللحام الكهربائية يمكن الحصول من صمامات ثنائية تحتوي على مهبط من الزئبق ويمكننا اعتبار مصباح الفلورسنت المستخدم في الاضاءة نوعا من أنواع الصمامات الثنائية كما أن الخلية الضوئية الكهربائية هي نوع آخر من هذه الانواع .

الصمام الثلاثي TRIODE

بعد ثلاث سنوات من اختراع فلمنج للصمام الثنائي قام لي دي فورست سنة ١٩٠٧ بإدخال شبكة معدنية بين المهبط والمصعد في الصمام الثنائي وعند توصيل هذه الشبكة بشكل (٤٥) بجهد كهربى سالب فإنها تقاوم الالكترونات من المصعد، وكما زاد هذا الجهد السالب قلت شدة تيار المصعد

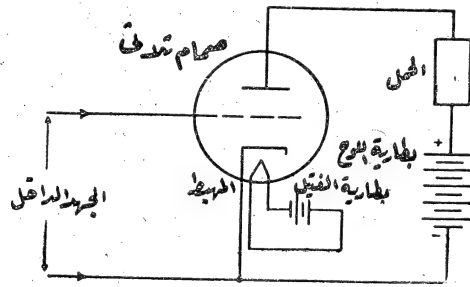


شكل (٤٥)

- أ - حركة الالكترونات في الصمام الثلاثي عندما يكون جهد الشبكة سالبا .
 ب - حركة الالكترونات في الصمام الثلاثي عندما يكون جهد الشبكة موجيا .

أما عند توصيل هذه الشبكة بجهد كهربى موجب شكل (٤٥) فإن الالكترونات تنجذب بسرعة نحوها ولكن وجود الثقوب فى الشبكة يسبب اندفاع هذه الالكترونات خلالها إلى المصعد فيزداد تياره . وبذلك يمكن التحكم فى شدة تيار المصعد بتغيير جهد الشبكة ويسمى الصمام الثنائى بعد وجود الشبكة بداخله بالصمام الثلاثى Triode ويمكن بالطبع تغيير شدة تيار المصعد بتغيير جهده الموجب ولكن وجود الشبكة قريبة من القتل يجعل تأثيرها أقوى إذ أن أى تغير صغير فى جهدها يسبب تغيرا كبيرا فى تيار المصعد وتسمى هذه العملية بالتكبير وبسبب ذلك فإن هذا الصمام واسع الانتشار .
وللصمام الثلاثى ثلاث دوائر رئيسية :

١ - دائرة القتل : وتحتوى على القتل أو المسخن ومصدر للتيار يقوم بتسخينه (بطارية القتل) كما فى شكل (٤٦) .



شكل (٤٦)

دائرة تكبير بواسطة صمام الالكترونى ثلاثى

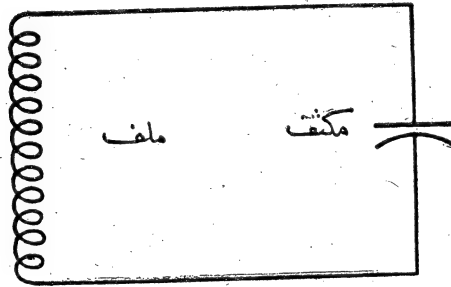
٢ - دائرة الخروج : وتحتوى على المصعد ومصدر للجهد الموجب لتيار مستمر وحمل .

٣ - دائرة الدخول : وتحتوى على كل من المهبط والشبكة ومصدر للإشارة الكهربائية المراد تكبيرها بواسطة الصمام .

فإذا فرضنا توصيل الشبكة بجهد كهربى متغير صغير فإن تيار المصعد

سوف يتغير بنفس الكيفية التي يتغير بها هذا الجهد . فإذا كان الحمل المتصل بدائرة المصعد ذا مقاومة كبيرة فإن الجهد الكهربى عند طرفيه يكون كبيرا ويكون التغير ملحوظا فى الجهد عند طرفى الحمل ، وبذلك فإن التغيرات الصغيرة فى جهد الشبكة تكون قد أنتجت تغيرات كبيرة فى الجهد على طرفى الحمل فى دائرة الخروج .

ويمكن استخدام الصمام الثلاثى فى توليد تيارات ذات تردد عال جدا وهى تستخدم فى أجهزة الإرسال اللاسلكية كما يستخدم فى عمليات التسخين بواسطة التيارات ذات التردد العالى .



شكل (٤٧)
دائرة مهتزة مكونة من ملف ومكثف

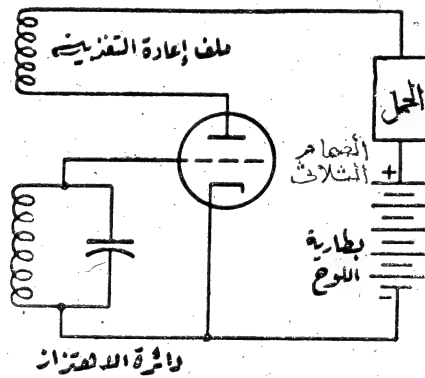
فإذا فرضنا دائرة كهربية كالمبينة بالشكل (٤٧) وتحتوى على ملف ومكثف متصلين على التوازى بمصدر للتيار فعندما يصل التيار إلى الملف يتكون حوله مجال مغناطيسى تتولد بسببه قوة دافعة كهربية معاكسة فى هذا تحاول إرسال تيار كهربى فى الاتجاه المضاد لسيار التيار الآخر فينتج عن هذا التيار شحن صفائح المكثف مما ينتج قوة دافعة كهربية مضادة أخرى تحاول إرجاع التيار مرة ثانية إلى الدائرة الكهربائية . وتتكرر هذه العملية بحيث يمر التيار فى الدائرة فى اتجاه خاص ثم يرتد ثانيا فى الاتجاه المضاد بسرعة كبيرة ، وبمعنى آخر فإن التيار يهتز فى الدائرة وتسمى هذه الدائرة بدائرة

(٨) الترانزستور

مهمزة ويحدث هذا الاهتزاز عندما تكون الدائرة في حالة رنين (وقد سبق شرح الرنين في باب سابق) ويمكن الحصول على تيارات ذات تردد يصل إلى مليون أو بليون ذبذبة في الثانية إذا تم اختيار القيم المناسبة لحث الملف وسعة المكثف ويمكن بمعرفة إيجاد تردد التيار باستخدام علاقة رياضية خاصة .

وأثناء مرور التيار المتردد الذي سبق تكوينه في الدائرة يفقد منه جزء يستهلك بواسطة كل من الملف والمكثف مما يسبب زوال الاهتزاز ويستهلك جزء آخر بواسطة توصيل دائرة الخروج بالحمل . ولا بد من إيجاد وسيلة لتزويد الدائرة المهتزة بكمية من الطاقة الكهربائية تعوضها عما يفقد منها حتى يستمر هذا الاهتزاز .

ويمكن حل هذه المشكلة بتوصيل الدائرة المهتزة في دائرة دخول الصمام المهتز الثلاثي فتصبح الشبكة متصلة بجهد كهربائي متردد هو جهد هذا التيار المهتز مما يسبب تغيراً في تيار المصعد مناظراً له شكل ٤٨ .



(شكل ٤٨)

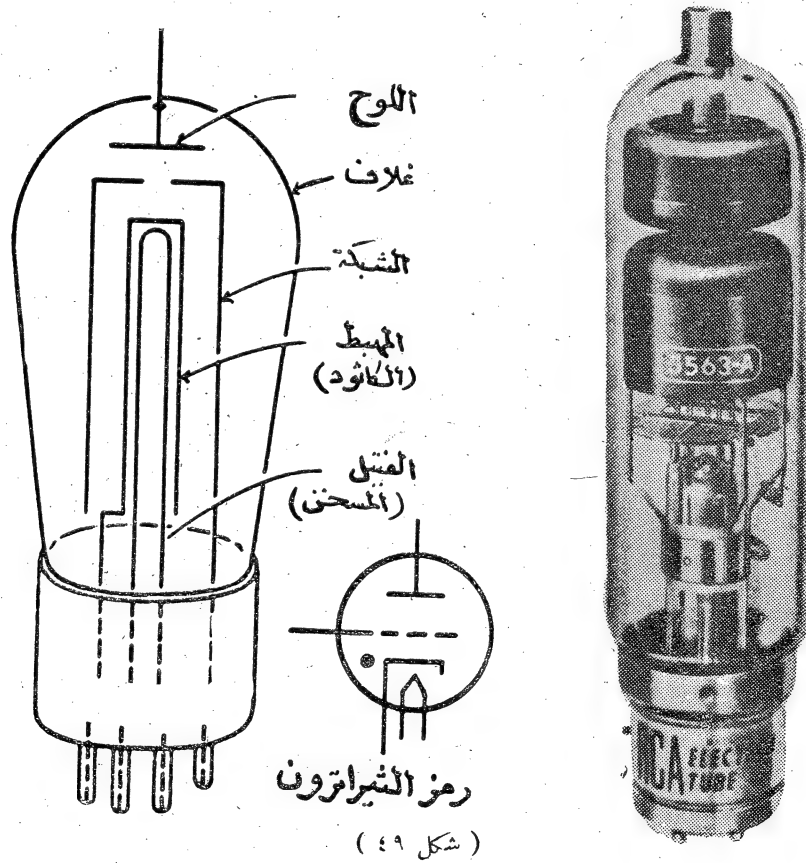
دائرة مهتزة تحتوي على صمام ثلاثي

ويقوم تيار المصعد: أولاً - بتزويد الحمل بما يحتاجه من تيار. ثانياً - يفيض منه جزء آخر يستخدم في إعادة تغذية دائرة الاهتزاز الأصلية لتعويضها عما يفقد من التيار المهتز . وبذلك تظل هذه الدائرة مهتزة باستمرار .

وتتم عملية إعادة التغذية بمرور تيار المصعد في ملف آخر يسمى ملف إعادة التغذية Feedback Coil يوضع بجوار الملف الأول (في مجاله المغناطيسي) بحيث يمكنه أن يؤثر في ملف الاهتزاز ويزوده بالطاقة اللازمة لتعويض ما يفقده من التيار الأصلي . ويسمى الصمام الثلاثي في هذه الحالة بالصمام المهتز وتقوم البطارية المتصلة بمصعد هذا الصمام بتعويض دائرة الاهتزاز عن القدرة الكهربائية الضائعة .

الثيراترون THYRATRON

يشبه الصمام الثلاثي في تركيبه شكل (١٤٩ ، ب) إلا أنه يحتوي على كمية من الغاز داخله . ويعمل الثيراترون كنظم في بعض الدوائر الكهربائية .



١ — الرسم المنظوري لانبوية الثيراترون ب — مقطع طولي في الثيراترون

كيف يعمل الثيراترون؟

عند توصيل المصعد بجهد موجب فإن الالكترونات سوف تنجذب إليه من المهبط . فإذا فرضنا أن الشبكة قد وصلت بجهد سالب يكفي لمنع الالكترونات من الوصول إلى المصعد تماما ، وبدأنا بتقليل الجهد السالب المتصل بالشبكة بالتدرج فإن الالكترونات لن ترجع إلى التدفق بفعل قوة جذب المصعد إليها إلا عند جهد سالب معين . وعندما تبدأ الالكترونات في الانطلاق خلال الشبكة فإنها تصطدم بذرات الغاز وتسبب تأينها وتجمع بعض الايونات الموجبة حول الشبكة وتعمل على إزالة تأثيرها في تدفق الالكترونات إلى المصعد . وتبدأ الالكترونات في اندفاعها نحو المصعد دون أن تتأثر بالتغيرات في جهد الشبكة . وتفقد الشبكة بذلك كل سيطرة على تيار المصعد . ولقطع هذا التيار لابد من إزالة الجهد الموجب المتصل بالمصعد . وتعمل الشبكة كزنابذء تدفق الالكترونات في الصمام بحيث لا يمكنها التحكم في هذا التيار عندما يبدأ في المرور خلال الأنبوبة .

وتكون الشبكة في الثيراترون عادة على هيئة اسطوانة معدنية تحيط بالفتيل من كل جانب ولا يوجد بها إلا ثقب أو عدد قليل من الثقوب المتجاورة في أعلاها لتوجيه الالكترونات إلى المصعد الذى يجاور هذا الثقب أو مجموعة هذه الثقوب .

TETRODE الصمام الرباعى

تحتوى بعض الصمامات ذات التفريغ الكبير على شبكتين بين المهبط والمصعد .

الأولى : وهى القرية من المهبط تسمى بالشبكة المتحكممة Control Grid

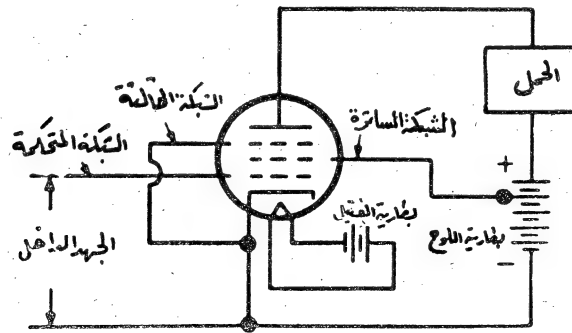
وهي تشبه الشبكة الأصلية في الصمام الثلاثي من حيث الشكل والعمل .
والثانية تسمى الشبكة الساترة Screen Grid وهي شبكة إضافية توصل
بجهد كهربائي موجب فتساعد على توجيه وإسراع الإلكترونات في طريقها
إلى المصعد .

الصمام الخماسي PENTODE

يحتوي على ثلاث شبكات بين المهبط والمصعد ، الأولى وهي القريبة من
المهبط هي الشبكة المتحركة وهي تماثل الشبكة الأصلية في الصمام الثلاثي شكلاً
وعملًا ، وتحيط الثانية وتسمى بالشبكة الساترة بالشبكة الأولى وتوصل
بجهد كهربائي موجب ، أما الشبكة الثالثة فهي الشبكة الإضافية .

والواقع أن وجود الشبكة الساترة في الصمام الرباعي سلاح ذو حدين إذ
أنها بالرغم من أسرعها للإلكترونات وتوجيهها إلى المصعد فإن هذه الإلكترونات
عندما تصطدم بذرات مادة المصعد تسبب إطلاق إلكترونات أخرى منها في الاتجاه
المضاد وتصل إلى الشبكة الساترة وتنجذب إليها وبذلك يقل تيار المصعد
بدل أن يزيد .

ولهذا السبب فقد وضعت الشبكة الثالثة وتسمى «الشبكة المانعة» Suppressor Grid
في الصمام الخماسي بين الشبكة الساترة والمصعد (شكل ٥٠) وتوصل بجهد كهربائي



شكل (٥٠) دائرة تكبير باستخدام صمام خماسي

سالب بحيث ترجع الالكترونات التي تنبعث من المصعد إليه مرة أخرى بفعل قوة التنافر بينهما مما يزيد من تيار المصعد .

الصمامات ذات الأقطاب العديدة

قد يضم الغلاف الزجاجي عددا من الشبكات (٤ أو ٥ أو ٦) بالإضافة إلى المهبط والمصعد الأصليين وتسمى بالصمامات عديدة الأقطاب (السداسي أو السباعي أو الثماني ... الخ) ولا يختلف تشغيلها عن تشغيل الصمامات السابقة .

الصمامات عديدة الوحدات

قد يحتوى الصمام الواحد على عدد من العناصر التي تكون صمامين أو أكثر ويستخدم كل جزء من هذا الصمام في غرض معين ويوصل بدائرة خاصة به فمثلا هناك بعض الصمامات تقوم بعملية التقويم والتكبير في نفس الوقت وتحتوى بداخلها على عناصر تكوين الصمام الثنائي والثلاثي أو الرباعي أو الخماسي في نفس الوقت .

الباب الخامس

أنصاف الموصلات SEMICONDUCTORS

تتركب الموصلات من ذرات يوجد في مداراتها الخارجية الالكترونات حرة أى غير مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بمكونات الذرة المختلفة . وفى درجة الحرارة العادية يلزم إعطاء الذرة كمية كبيرة كافية من الحرارة لكي تسمح لهذه الالكترونات أن تنطلق مبتعدة عنها . وتتجول دون هدف أو قصد من ذرة إلى أخرى من الذرات المجاورة . وإذا وصل جهد كهربى إلى أطراف الموصل ، فإن الالكترونات الحرة من المدارات الخارجية لذرات الموصل سوف تتدفق وتتدفق إلى القطب الموجب للمصدر الكهربى وفى الوقت نفسه تندفع الالكترونات من الطرف السالب للمصدر إلى الموصل وبهذه الطريقة يتم مرور التيار الكهربى مندفعاً من القطب السالب للمصدر إلى القطب الموجب له خلال الموصل . ويمكن أن تعتبر الالكترونات المتحركة محملة بالكهربية ومندفعة من الطرف السالب إلى الطرف الموجب . ويسمى هذا التيار بالتيار الالكترونى .

ومن جهة أخرى فإن الالكترونات الموجودة في المدارات الخارجية للمادة العازلة متصلة اتصالاً وثيقاً بأنوية هذه الذرات ، وهناك عدد قليل جداً يمكن اعتبارها إلكترونات حرة . وكنتيجة لذلك إذا نحن وصلنا أى مصدر كهربى بطرفى المادة العازلة فإن كمية قليلة جداً من التيار الكهربى يمكنها المرور خلال هذه المادة . أما إذا استخدمنا مصدراً كهربياً ذا جهد عال بدرجة كافية فإن هذا الجهد العالى ربما أصبح من الكبر بالدرجة التى تكفى لأن تكسر المادة العازلة وتمزقها إلى أجزاء صغيرة ، وعندئذ يمكن أن يمر التيار الكهربى خلال هذه الأجزاء على شكل شرارة كهربية .

وبين هاتين المادتين الموصلة والعازلة توجد عدة مواد تكون فيها الالكترونات أو الشحنات السالبة الموجودة في مداراتها الخارجية غير متصلة اتصالاً وثيقاً بأنوية ذراتها كما في حالة المواد العازلة وليست مفككة تفككاً كبيراً عن أنوية ذراتها كما في حالة المواد الموصلة ، وتسمى هذه المواد بالمواد النصف الموصلة Semiconductors ومن أمثلتها عنصرى الجرمانيوم والسيليكون . وعند توصيل أى من هذه المواد النصف الموصلة بمصدر للتيار الكهربى يمر خلالها جزء لا بأس به عن التيار الكهربى بحيث لا يصل إلى كمية ما يمر منه خلال الموصلات ولكنه مع ذلك أكبر من التيار الكهربى الذى يمر خلال المواد العازلة .

ويمكن توضيح ذلك عن طريق معرفة المقاومات النوعية (وهى الممانعة التى يبدىها السنتيمتر المكعب الواحد من المادة بالنسبة للتيار الكهربى) لبعض هذه العناصر حتى يمكننا المقارنة بين ما يحدث فيها عند توصيلها بالكهربية

فالمقاومة النوعية للنحاس = 0.000017 أوم .

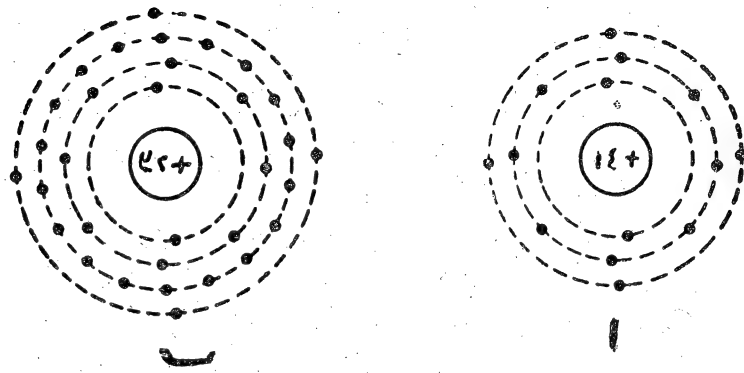
والمقاومة النوعية للصينى = $100,000,000$ أوم .

والمقاومة النوعية للجرمانيوم = 60 أوم .

وواضح من هذه الأعداد أن عنصر الجرمانيوم له مقاومة متوسطة بين مقاومتى المواد الموصلة ومن أمثلتها النحاس ومقاومة المواد العازلة ومن أمثلتها الصينى .

تركيب ذرة الجرمانيوم

ولابد من بيان التركيب الداخلى لذرة الجرمانيوم حتى يتيسر فهم التصرفات العجيبة التى يقوم بها هذا العنصر إذا ما وجد مع ذراته بعض الشوائب ، مما جعله فى طليعة المواد التى يبحث فيها العلم الحديث بجانب بحثه فى العناصر المشعة كاليورانيوم والرادىوم وأخواتهما .



شكل (٥١)

ب — تركيب ذرة الجرمانيوم .

١ — تركيب ذرة السيليكون .

تتركب ذرة الجرمانيوم كما في الرسم (شكل ٥١ ب) من نواة تحتوي على ٣٢ بروتون ويحيط بالنواة من الخارج أربعة مدارات دائرية مركزية يدور فيها ٣٢ إلكترونًا. فيدور في المدار القريب من النواة إلكترونين مشحونين بالكهربية السالبة ويدور في المدار الثاني وهو خارج ثمانية إلكترونات وفي المدار الثالث ثمانية عشر إلكترونًا وفي المدار الرابع والأخير وهو أبعد المدارات عن النواة يوجد أربعة إلكترونات . وهذه الإلكترونات الأربع الأخيرة تعرف باسم «إلكترونات التكافؤ Valence electrons» وهي تحدد الخواص الكيميائية والكهربية كما ذكر سابقاً . ونظراً لأن هذه الإلكترونات الخارجية بعيدة عن النواة فالارتباط بينهما ضعيف ، بحيث أنه في درجة حرارة الحجرة العادية يهرب عادة عدد من هذه الإلكترونات من مسارها الأصلي وتتجول كالإلكترونات حرة في الوسط الخارجي بين الذرات ، كالفراشات تنتقل حرة طليقة ، من زهرة إلى زهرة . وحين يهرب إلكترون من المدار الخارجي لإحدى الذرات فإن التوازن الكهربى للذرة يختل ويزيد مقدار الشحنات الموجبة الموجودة في النواة عن الشحنات السالبة الموجودة على الإلكترونات الباقية التي تدور حولها بمقدار

شحنة موجبة واحدة ويبقى مكان الالكترون في الذرة خالياً حتى يصل الالكترون آخر ليحل محل الالكترون الهارب .

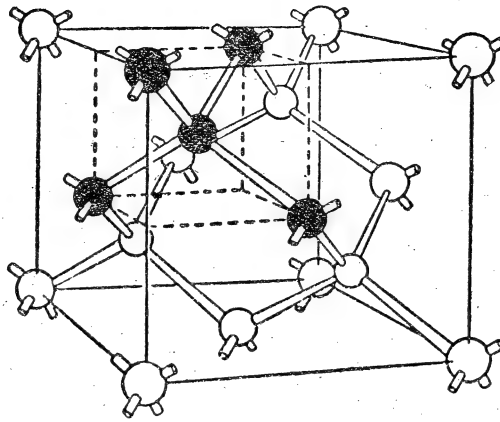
و حين يحدث رجوع الالكترون إلى مكانه يعود الاستقرار لهذه الذرة ، وطالما تكون الذرة ناقصة الكتروناً فإنها تسمى أيوناً موجباً نظراً لزيادة عدد الشحنات الموجبة على عدد الشحنات السالبة فيها .

وبفقد الالكترون من الذرة يصبح مكانه في المدار شاغراً ويسمى بالفجوة Hole ، ويمكن أن تعتبر الفجوة على ذلك مشحونة بشحنة موجبة مساوية للشحنة الموجودة على الالكترون الهارب ، ولكن مضادة لها في النوع . وحينما تظهر فجوة في ذرة فإن الالكترون يحل في هذه الفجوة من ذرة مجاورة ليملاها وتتكون بذلك في الذرة المجاورة فجوة جديدة . وعلى ذلك فإن الفجوة سوف تنتقل من الذرة الأولى إلى الذرة المجاورة . وبذا نرى أن الفجوات يمكن أن تنتقل من ذرة إلى أخرى تماماً كما تنتقل الالكترونات ولكن يؤدي وجود الفجوة في الذرة إلى ظهور شحنة موجبة عليها .

وتزداد حركة الالكترونات بزيادة درجة الحرارة أو بوجود مجال كهربى ذى ضغط معين وهو يدفع الالكترونات ذات الشحنة السالبة لتتحرك في اتجاه القطب الموجب لهذا المجال الكهربى . وفى الوقت الذى تندفع فيه الالكترونات إلى القطب الموجب للمجال الكهربى تندفع الفجوات نحو القطب السالب .

البللورة النقية من الجرمانيوم :

فى البللورة ترتب الذرات نفسها فى شكل هندسى خاص (شكل ٥٢) . وكل ذرة تكون بعيدة عن مجاوراتها بعداً كبيراً وثبتت الذرات نفسها فى مواضعها من البللورة لتكون شكلها الهندسى الخاص بأن يرتبط



شكل (٥٢)

رسم منظور لترتيب الذرات في بلورة من بلورات الجرمانيوم

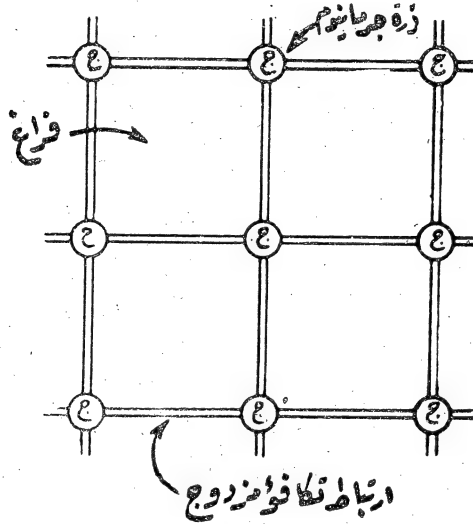
الكيترون التكافؤ من ذرة بالكيترون التكافؤ من الذرة المجاورة لتكوين
رابط تكافؤ مزدوج Double Valence Bond .

والبلورة عبارة عن مجموعة من الذرات في ترتيب هندسي دقيق على إبعاد
معينة من بعضها طولاً وعرضاً وارتفاعاً، ولتوضيح تركيب البلورة بشكل
يسهل تصوره سنكتفي بتوجيه النظر نحو المكعب المنقط الموضح بالرسم
والذي يبين أبسط ترتيب للذرات* في بلورة من الجرمانيوم .

ويوجد في المدار الخارجى لذرة الجرمانيوم أربع الكيترونات
فلو فرضنا إحداها (ج) في شكل ٥٣ الذى يمثل مجموعة من ذرات بلورة
جرمانيوم (رسمت مسطحة لسهولة التوضيح) فإنه يحدث ارتباط بين الأربع
الكيترونات الموجودة في المدار الخارجى للذرة (ج) بأربع ذرات أخرى
(١، ٢، ٣، ٤) فيدور الكيترون من (ج) في المدار الخارجى للذرة (١)
كما يدور في نفس الوقت الكيترون من المدار الخارجى لهذه الذرة في المدار
الخارجى للذرة (ج) ويسمى ذلك بارتباط التكافؤ المزدوج . وتكرر
هذه العملية بالنسبة للذرة ج مع الذرات (٢، ٣، ٤) بنفس الطريقة .

* وضحت الذرات الخمس المكونة لبلورة من الجرمانيوم في شكل (٥٢) بدوائر سوداء .

وإذا حدثت مؤثرات خارجية مثل الحرارة أو الكهرباء أو الضوء أدت إلى ضعف الارتباط بين الالكترونات التي تدور حول النواة في ذرة ما من ذرات الجرمانيوم ، وأمكن أن ينطلق الالكترون حرا بعيدا عن ذرته ، لتنتج في هذه الذرة فجوة .

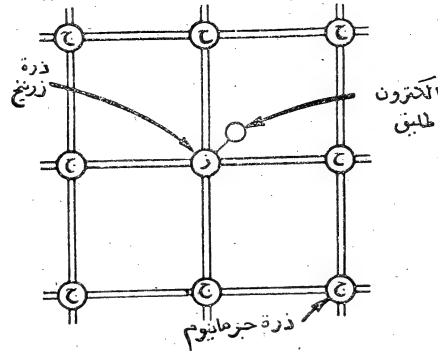


شكل (٥٣)

رسم مسطح للبلورة الجرمانيوم النقية

بلورة الجرمانيوم الغير النقية :

هناك طريقة للحصول على عدد خاص من الالكترونات الطليقة وذلك بأن تضاف إلى بلورة الجرمانيوم كميات صغيرة ومحدودة من الشوائب مثل عنصر الزرنيخ (أو أى عنصر من المجموعة الكيميائية الخامسة). والسبب في اختيار مثل هذه العناصر أن المدارات الخارجية لذراتها تحتوى على خمسة الكترونات تكافؤ . فإذا وجدت ذرة من الزرنيخ بدلا من ذرة من ذرات الجرمانيوم في البلورة كما هو مبين بالرسم شكل ٥٤ (الدائرة التي بداخلها حرف (ز) تمثل ذرة الزرنيخ والدوائر الأخرى تمثل ذرات الجرمانيوم) فإنه بعد

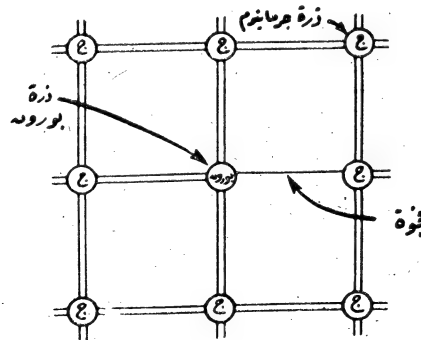


شكل (٥٤)

رسم مسطح للبلورة الجرمانيوم المشوبة بالزرنخ

أن يتم حدوث أربعة ارتباطات تكافؤ مزدوجة بين ذرة الزرنخ (ز) وأربع ذرات جرمانيوم حولها (كما سبق شرحه مع ذرة الجرمانيوم (ج) في البلورة النقية منه) لأصبح هناك إلكترونات طليقا . وتسمى البلورة الجرمانيوم التي تحتوى على الزرنخ ببلورة من النوع السالب Negative Type Crystal .

أما إذا أضيفت كمية صغيرة محدودة من بعض الشوائب الأخرى مثل عنصر البورون (وواضح من الرسم شكل ٥٥ أن ذرة البورون تحتوى فى مدارها الخارجى على ثلاثة إلكترونات تكافؤ) فيحدث أن ترتبط ذرة من البورون الموجودة فى بلورة الجرمانيوم بثلاث ذرات من الجرمانيوم



شكل (٥٥)

رسم مسطح للبلورة الجرمانيوم المشوبة بالبورون

عن طريق ثلاثة ارتباطات تكافؤ مزدوجة (لا يحدث الارتباط الرابع بذرة رابعة من الجرمانيوم بنفس الطريقة لاستنفاد الثلاث الكثرنات الموجودة في المدار الخارجى لذرة البورون) ويقتصر أمر ارتباط ذرة البورون مع ذرة الجرمانيوم الرابعة على دوران الكثرنات ذرة الجرمانيوم فى المدار الخارجى لذرة البورون أى يصبح الارتباط بين ذرة الجرمانيوم الأخيرة وذرة البورون* ارتباط تكافؤ احادى Single Valence Bond أى تصبح هذه المجموعة ناقصة الكثرنات ليكمل الارتباط المزدوج اللازم . وينشأ عن هذا النقص تكون فجوة وتسمى باللمعة الجرمانيوم عندئذ من النوع

الموجب Positive Type Crystal

* يمكن استخدام عناصر أخرى غير الزرنيخ من نفس المجموعة الكيميائية الخامسة التى تشمل الزرنيخ مثل الأنثيمون كما يمكن استخدام عناصر أخرى غير البورون من نفس المجموعة الثامنة مثل الأندوم والجاليوم والألومنيوم .

الباب السادس

البللورة الثنائية CRYSTAL DIODE

البللورة الثنائية تطلق عادة على بللورة جرمانيوم من النوع الموجب ملتصقة ببللورة جرمانيوم من النوع السالب كما هو مبين بالرسم شكل (١٥٦) وكل بللورة من النوع السالب تحتوى على عدد كبير من الالكترونات الحرة المشار إليها بالعلامات (-) كما أنها تحتوى على عدد كبير من الفجوات المحملة بالشحنات الموجبة والمشار إليها بالعلامات (+) أما البللورة من النوع الموجب فإنها تحتوى على عدد كبير جداً من الفجوات كما أنها تحتوى على عدد قليل من الالكترونات الحرة .

وإذا ما لصقت* بللورة من النوع السالب (تحتوى على الزرنيخ) بأخرى من النوع الموجب (تحتوى على البورون) فإن الالكترونات الفائضة في الجزء السالب تنقل بسرعة خلال سطح الالتصاق لتحل محل الفجوات الموجودة في النوع الموجب . وينشأ عن انتقال الالكترونات من النصف السالب إلى النصف الموجب انخفاض جهد الأخير (لا انتقال شحنات سالبة إليه) وارتفاع جهد الأول (خروج شحنات سالبة منه) ويستمر انخفاض الجهد في النصف الموجب وارتفاع الجهد في النصف السالب حتى يحدث الاتزان حينما يصل فرق الجهد بينهما إلى قدر معين يسمى جهد الحجز

* الذى يحدث في التطبيقات العملية هو اعداد بللورة مفردة Single Crystal من الجرمانيوم نصفها من النوع السالب والنصف الآخر من النوع الموجب ويتم اعدادها بطرق كيميائية غاية في الدقة .

فيمنع إنتقال الالكترونات من النصف السالب إلى النصف الموجب كما يحدث تماماً في العمود البسيط أو الأعمدة الأخرى * .
وتجدر ملاحظة أن هذه العملية لا تتم إلا في المنطقة الصغيرة القريبة من سطح الإلتصاق .

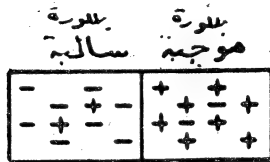
توصيل البلورة الثنائية بمصادر التيار الكهربى :

إذا وصلنا البلورة السابقة ببطارية كما هو مبين بالرسم (٥٦ب) بحيث تتصل البلورة من النوع الموجب بالطرف الموجب للبطارية والبلورة من النوع السالب بالطرف السالب للبطارية فإن كل الالكترونات الحرة تميل إلى الحركة في إتجاه القطب الموجب الذى يجذبها إليه ، وكل الفجوات المحملة بالشحنات الموجبة تميل إلى الاتجاه إلى القطب السالب . وعلى ذلك فإن كل الالكترونات الحرة والفجوات سوف تتحرك ناحية موضع التصاق البلورتين بسبب التجاذب بين الشحنات المختلفة ، أى أن كل الكترون بفجرة ويكون تأثير الجهد الكهربى المستخدم بتوصيل البطارية هو إنتاج عدد أكبر من الالكترونات الحرة فى البلورة السالبة وإنتاج عدد أكبر من الفجوات فى البلورة الموجبة وتصبح هناك حركة مستمرة من الالكترونات

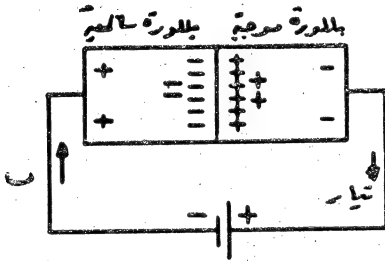
* إذا أراد القارئ مزيداً من التشرح لمعرفة كنه ما يحدث فى هذه العملية فيمكن القول أن وجود ذرة الزرنيخ مع ذرات الجرمانيوم فى النوع السالب يسبب وجود الكترون طليق لكن من الناحية الكهربية هناك تعادل حيث أن شحنة هذا الالكترون بالرغم من عدم اشتراكه فى مداره حول النواة لذرة الزرنيخ إلا أنه فى هذه النواة لا تزال توجد الشحنة الموجبة التى تسبب التعادل معه . وبالمثل فانه بالرغم من وجود الفجرة فى النوع الموجب فان هناك تعادلاً كهربياً لأن شحنات الالكترونات الثلاث التى تدور حول ذرة البورون تساوى الشحنات الموجبة المناظرة لها فى نواة هذه الذرة . ولكن عند حدوث الاتصال بين النوعين واندفاع الالكترونات الطليقة من النصف السالب إلى النصف الموجب لملأ الفجوات يجب أن لا يفهم من ذلك حدوث تعادل كهربى (حيث أن هذا التعادل كان موجوداً قبل الاتصال) ولكن هناك شحنة سالبة قد أضيفت إلى النصف الموجب تسبب انخفاض جهده وهذه الشحنة قد سلبت من النصف السالب مما يسبب ارتفاع جهده ويستمر ذلك حتى الاتزان .

والفجوات خلال البلورتين. وينتج عن هذه الحركة الناشئة في الالكترونات والفجوات خلال البلورة تياراً كهربياً . ويكون هذا التيار شديداً نسبياً خلال الدائرة كلها كما هو مبين بالأسهم على الرسم (٥٦ب).

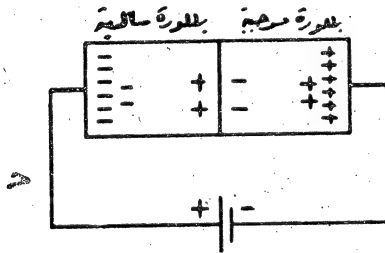
شكل رقم (٥٦)



١ — بلورتان متلاصقتان من الجرمانيوم إحداهما من النوع السالب والأخرى من النوع الموجب .



ب — توصيل البلورتين المتلاصقتين بمصدر للتيار المستمر في اتجاه التوصيل .



ج — توصيل البلورتين المتلاصقتين بمصدر للتيار المستمر في الاتجاه العكسى .

وعند توصيل الجهد الكهربى بالطريقة السابقة كما هو مبين بالرسم فيقال إن البطارية موصلة في الدائرة في إتجاه التوصيل . Forward Direction

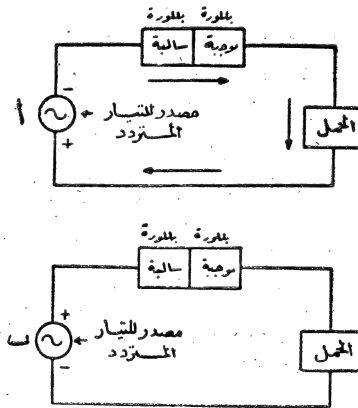
والآن إذا فرضنا أننا عكسنا توصيل البطارية كما هو مبين بالشكل (٥٦ج) أى أننا وصلنا البلورة الموجبة بالقطب السالب للبطارية ووصلنا البلورة السالبة بالقطب الموجب للبطارية فالذى يحدث أن الالكترونات الحرة تندفع في اتجاه القطب الموجب والفجوات تندفع نحو القطب السالب

(٩) انترانستور

ولكن عند موضع اتصال البلورتين يوجد عدد قليل نسبياً من الإلكترونات والفجوات ، وعلى ذلك فإن كمية ضئيلة من التيار الكهربى سوف تمر خلال موضع اتصال البلورتين ، وهذه العملية تعطى تأثير وجود مقاومة كبيرة فى سبيل التيار وينتج عن ذلك مرور كمية ضئيلة من التيار الكهربى خلال الدائرة ويقال عندئذ أن التوصيل فى الإتجاه العكسى Reverse Direction .

وعلى ذلك فإنه عند توصيل البلورة بالجهد الكهربى فى إتجاه التوصيل السابق شرحه تكون مقاومة البلورة أو ممانعتها صغيرة جداً وعند توصيل البلورة بالجهد الكهربى فى الاتجاه العكسى تكون المقاومة الظاهرية أو الممانعة كبيرة جداً .

فإذا استخدم مصدر للتيار المتردد (وهو الذى ينعكس فيه إتجاه التيار عدة مرات فى زمن معلوم) ووصلنا هذا المصدر بالبلورة الثنائية التى سبق ذكرها على التوالى مع مقاومة معلومة أو سلك يمكن أن يحمل التيار المار إلى دائرة كهربية ذات ممانعة لمرور التيار — وهى التى سميت سابقاً بالحمل (شكل ٥٧) — فإن الجهد الكهربى خلال نصف دورة يكون فى إتجاه سهل التوصيل



شكل رقم (٥٧)

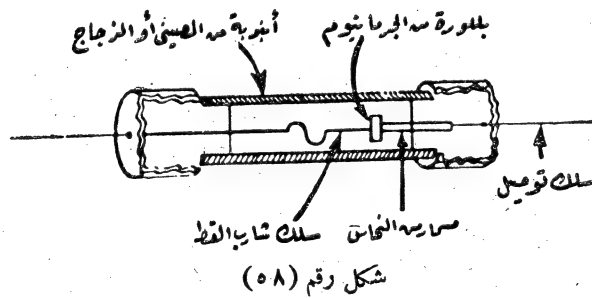
- أ — توصيل موحد بلورى بمصدر للتيار المتردد خلال النصف الأول من الموجة .
- ب — توصيل الموحد بمصدر للتيار المتردد خلال النصف الثانى من الموجة .

قليل المقاومة ويمر تيار كبير خلال الدائرة . أما خلال النصف الثانى من الدورة يكون الجهد موصلا فى الاتجاه العكسى وبذلك يمر تيار صغير فى الدائرة الكهربائية .

وهذه العملية التى أحدثتها البلورة فى التيار المتردد بأن تمنع التيار من المرور فى نصف دورة وتسمح له بالمرور خلال نصف الدورة الثانى أى عندما يغير من اتجاهه ويصبح موصلا فى الاتجاه العكسى ، وتسمى بعملية التقويم أو التوحيد Rectification ، وهى فى ذاتها تشبه عملية التوحيد التى تتم بواسطة الصمام الألكترونى الثنائى .

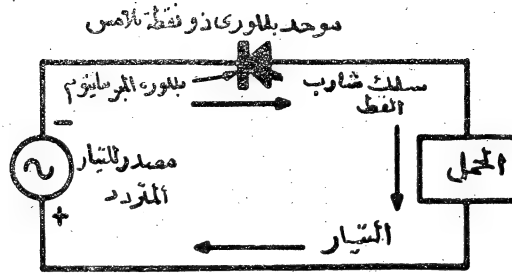
ويسمى الموحد المكون من بلورتين متلاصقتين من الجرمانيوم بنوعيه الموجب والسالب باسم ثنائى الأقطاب المتلاصقة Junction Diode

وهناك نوع آخر من البلورات الموحدة (شكل ٥٨) ، وهذا النوع منتشر انتشارا كبيرا فى هذه الأيام فى أجهزة الراديو ويتركب من سلك دقيق من البلاتين أو التنجستن ويسمى بشارب القط Cat whisker يلامس بلورة من الجرمانيوم من النوع السالب . ويمر التيار فى هذا الموحد عندما تكون البلورة المذكورة سالبة الجهد بالنسبة لسلك شارب القط الملامس لها أى أنه يكون موصلا بالطرف الموجب لمصدر التيار ، والبلورة بالطرف السالب للمصدر وفى هذه الحالة يكون سير التيار فى الموحد فى اتجاه التوصيل .



شكل رقم (٥٨)

مقطع طولى فى موحد بلورى من النوع ذى نقطة التلامس .



شكل (٥٩)

دائرة تقويم يستخدم فيها موجّد ثنائى من النوع ذى نقطة التلامس ويلاحظ أن جهد مصدر التيار المتردد موصل في اتجاه التوصيل وتبين الأسهم اتجاه التيار الذى يمر في الدائرة

وعندئذ لا تكون هناك مقاومة كبيرة في الدائرة . فإذا عكس التيار وأصبحت البللورة موصلة بالطرف الموجب والسلك موصلاً بالطرف السالب حدثت مقاومة كبيرة في وجه التيار وامتنع عن المرور في ذلك الاتجاه ويسمى هذا التوصيل بالاتجاه العكسى . وبذلك يمكن عند مرور تيار متغير في هذه البللورة أن يصبح تياراً مستمراً أى أنه يمر في اتجاه واحد فقط . ويرمز للوحد بالإشارة المبينة على الرسم (شكل ٥٩) فالخط الرأسى السميكة يمثل البللورة أما رأس السهم فيرمز إلى السلك الملامس لها، ويسمى الخط الرأسى السميكة الممثل للبللورة أحياناً بإسم المهبط أو الكاثود ويسمى هذا الموجّد بثنائى الأقطاب ذى نقطة التلامس Point Contact Diode . ويستعمل نفس الرمز لثنائى الأقطاب المتلاصقة الذى سبق ذكره .

الباب السابع

نظرية الترانزستور

Transistor Action

سنبحث في هذا الباب بالتفصيل الشرح النظرى لعمل الترانزستور .
إذا فرضنا وجود بللورة مفردة من الجرمانيوم تحتوى على ثلاث مناطق
قد وضعت فيها كميات محدودة من الشوائب بحيث تكون المنطقتان
الخارجيتان محتويتين على عنصر الزرنيخ أى أنهما من النوع السالب
والأخرى المتوسطة تحتوى على عنصر البورون أى أنها من النوع الموجب ،
فإن هذا التركيب هو الذى يطلق عليه اسم الترانزستور ذو الأقطاب
المتلاصقة السالبة الموجبة السالبة ويمكن أن يرمز لها س . م . س .

Negative Positive Negative Junction Transistor, N. P. N.

ويكون هذا التركيب محتويا على سطحي الالتصاق بين النوع الموجب
والنوع السالب .

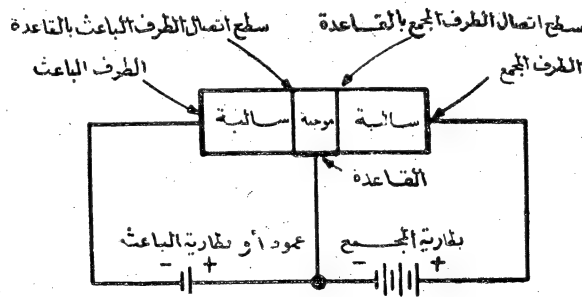
وعندما تتم صناعة الترانزستور تكون هذه المناطق الثلاث في حالة من
الانزان بعد أن يكون كل من الجزئين السالبيين من البللورة قد انتقل
عدد معين من الككتروناته إلى الجزء الأوسط . فيعملو جهد الطرفين ويهبط
جهد الجزء الأوسط .

ولكى يقوم الترانزستور بعمله لابد من أن يكون أحد سطحي الالتصاق
موصلا بمصدر كهربى في اتجاه التوصيل و سطح الالتصاق الآخر موصلا
بمصدر كهربى في الاتجاه العكسى شكل (٦٠) . ويلاحظ أن توصيل
سطحي الالتصاق بمصادر التيار الكهربى في كلا الاتجاهين يكون بالنسبة
للجزء الأوسط من البللورة وهو الذى نسميه بالقاعدة (Base) . أما الجزء
من البللورة الذى يوصل بمصدر الكهربية في اتجاه التوصيل (بالنسبة للقاعدة)

فيسمى بالطرف الباعث Emitter والجزء من البلورة الذي يوصل بمصدر الكهربية في الاتجاه العكسي (بالنسبة للقاعدة) يسمى بالطرف المجمع Collector .

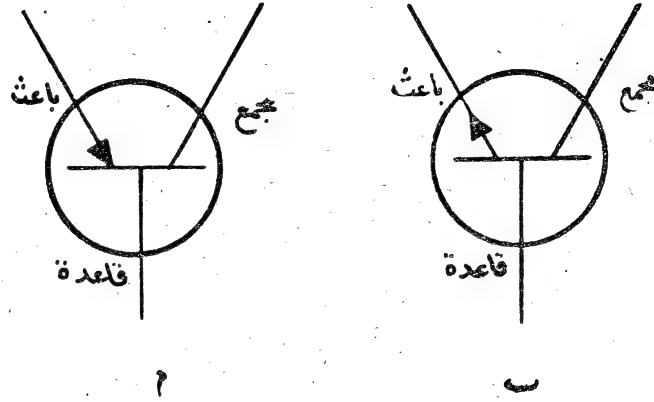
ويرمز للترانزستور بالرمز الموضح بالرسم شكل (١٦١ ، ب) وهو عبارة عن دائرة في وسطها خط مستقيم يمثل القاعدة متصل بمستقيم آخر عمودي عليه يخرج من الدائرة يمثل طرف توصيل القاعدة . ويلامس القاعدة مستقيم عليه سهم (نحو داخل الدائرة إذا كان الترانزستور من النوع الموجب السالب الموجب ونحو خارج الدائرة إذا كان الترانزستور من النوع السالب الموجب السالب الذي سيأتي ذكرهما بالتفصيل بعد ذلك) وهذا المستقيم يمثل الطرف الباعث ، أما المستقيم الأخير الذي يلامس القاعدة وليس عليه أية علامة فيمثل الطرف المجمع . وأحيانا يستغنى عن الدائرة تماما وتبقى المستقيمتان الأربعة ممثلة للترانزستور .

والرسم شكل (٦٠) يمثل كيفية توصيل مصادر التيار الكهربائي المستمر (البطاريات) بالطرف الباعث (اتجاه التوصيل) والطرف المجمع (الاتجاه العكسي) .



شكل رقم (٦٠)

طريقة توصيل الأجزاء المختلفة للترانزستور بالجهود الأصلية من البطاريات

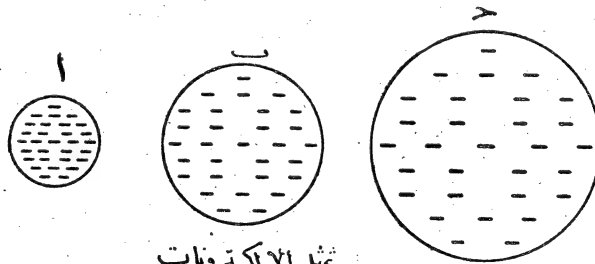


شكل رقم (٦١)

١ — رمز للترانزستور من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة الموجبة .

ب — رمز للترانزستور من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة السالبة الموجبة السالبة .

وعند توصيل الترانزستور بالمصادر الكهربائية الأصلية Biases يحدث ما يلي : يقوم الطرف الباعث عند توصيله بالطرف السالب للبطارية بإرسال بعض الإلكترونات من المنطقة السالبة التي يكونها إلى المنطقة الموجبة التي تكون القاعدة (حيث أن سطح اتصال الطرف الباعث موصل كهربيا في اتجاه التوصيل) وعند ما تصل هذه الإلكترونات إلى منطقة القاعدة (حيث لا يوجد مجال كهربى يمكنه أن يسبب حركة الإلكترونات في اتجاه خاص) فإن هذه الإلكترونات سوف تتحرك بطريقة الانتشار خلال منطقة القاعدة . ويمكننا تصوير عملية الانتشار بالشكل الموضح بالرسم شكل (٦٢)



تمثل الإلكترونات

بالعلامات السالبة (—)

شكل رقم (٦٢)

طريقة انتشار الإلكترونات عند وصولها من الطرف الباعث والطرف المجمع إلى منطقة القاعدة في الترانزستور.

وهو يبين أن أية كمية من الالكترونات سوف تتبع عند انتشارها نفس القوانين التي تنتشر بواسطتها جزيئات الغاز فعند ما تنفث الدخان من فمك يكون كشيئاً ثم ينطلق في الجو متباعدة جزيئاته عن بعضها بحيث ينتشر ويملاً كل الغرفة التي تجلس فيها. هذا هو ما يحدث تماماً في حالة الالكترونات التي تصل إلى منطقة القاعدة . فعند بدء الانتشار تكون الالكترونات متقاربة تقارباً كبيراً من بعضها البعض وبعد مدة سوف تتباعد هذه الالكترونات لتشغل حيزاً أكبر ، وهكذا حتى تشغل كل منطقة القاعدة . وعندما تنتشر الالكترونات في منطقة القاعدة فإنها تتبع مسارات متعرجة ناتجة عن اصطدامها بالذرات التي تدخل في تركيب البلورة أو عند اصطدامها بالالكترونات الأخرى ، وهكذا تظل تتخبط في الفراغات الموجودة بين الذرات المختلفة في البلورة ، وتشبه هذه الالكترونات في حركتها حركات الالكترونات التي تتجول بين ذرات المواد الموصلة .

يعتبر تجمع الالكترونات في منطقة القاعدة هو أساس عمل الترانزستور ولا بد أن نتذكر أن هناك عدداً من الالكترونات يتزايد في كل لحظة في هذه المنطقة ثم ينتقل خلال سطح التصاق الطرف الباعث بالقاعدة بحيث يجتمع في منطقة القاعدة عدد كبير من هذه الالكترونات دون أن تجد مكاناً للانتحاء إليه إلا أن تتجه نحو سطح الالتصاق الآخر الموجود بين القاعدة والطرف المجمع ، وعند ما تصل الالكترونات إلى هذا السطح فسوف تجد هناك قوة تجذبها لتسقط على السطح إلى الجزء الآخر من البلورة وهو من النوع السالب وهذه القوة يسببها توصيل هذا الجزء بالطرف الموجب لمصدر التيار المستمر .

وخلاصة القول أن سطح الالتصاق الأول يعمل كمصدر للالكترونات

التي تتجمع في منطقة القاعدة ثم تدفع متجهة نحو سطح الالتصاق الثاني لتصل إلى الطرف المجمع الذي يقوم بتوصيلها مباشرة إلى الطرف الموجب لمصدر التيار المستمر المتصل به .

ويجب أن نلاحظ هنا أنه في دائرة الطرف المجمع لو وجدت بمفردها فلن يمر إلا تيار صغير جداً (سبق أن أوضحنا كيف يتم انتقاله) وذلك نظراً لتوصيل سطح التصاقه بالقاعدة في الاتجاه العكسي . ولكن وجود سطح التصاق الطرف الباعث من سطح التصاق الطرف المجمع في نفس البلورة سوف يعمل على مرور كمية أكبر من الإلكترونات التي هي مصدر التيار الكهربائي خلال سطح التصاق الطرف المجمع .

والواقع أنه عند صناعة الترانزستور تركز الجهود نحو تقليل سمك منطقة القاعدة (وهي الطبقة المحصورة بين الطرفين الباعث والمجمع) بدرجة تكفي لأن تصل كل الإلكترونات التي يطلقها سطح التصاق الطرف الباعث إلى سطح التصاق الطرف المجمع ثم تمر خلاله إلى منطقة الطرف المجمع .

وتتلخص إذن حالة توصيل الترانزستور ذي الأقطاب المتلاصقة عند توصيله بمصادر التيار الكهربائي السابقة في أن الطرف الباعث يقوم بحقن منطقة القاعدة بالإلكترونات .

وما سبق نكون قد عرفنا حقيقة هامة وهي أن أساس عمل الترانزستور هي الإلكترونات وما دام انطلاق الإلكترونات من منطقة ودخولها إلى منطقة أخرى هو أساس هذا العمل فإن الترانزستور يكون إذن عبارة عن جهاز يشغل على التغيرات في التيارات الكهربائية وهو عمل يخالف ما يحدث في الصمام الإلكتروني الذي يبنى عمله على التغيرات في الجهد ، فالتغيرات في جهد الشبكة تسبب تغيرات مماثلة في تيار المصعد .

إدخال الإشارات الكهربائية في الترانزستور :

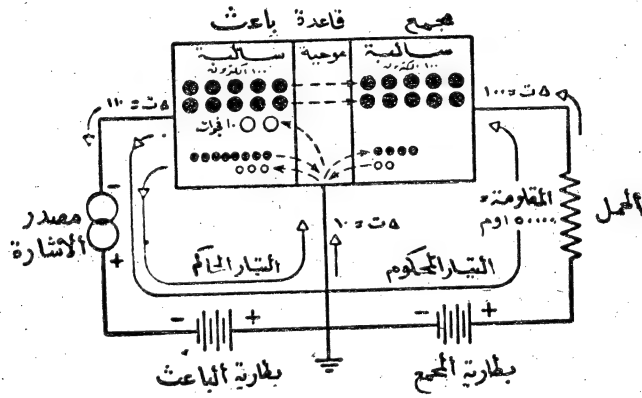
والآن نبدأ بدراسة ما يحدث عند ما تدخل إشارة كهربية إلى الدائرة الأصلية وما يحدث لهذه الإشارة من تكبير بواسطة الترانزستور بعد توصيله في دائرة تكون فيها القاعدة مشتركة بين دائرتي الطرف الباعث والطرف المجمع ، وتسمى مثل هذه الدائرة وهي الميمنة بالرسم الآتي شكل (٦٣) بدائرة تكبير ذات القاعدة المشتركة Common Base أو القاعدة الأرضية Grounded Base نسبة إلى أن الجهد المتصل بالقاعدة يساوى صفراً لتعادل الجهود المتصلين بها . وفي هذا الرسم نجد أن الإشارة الكهربائية قد أدخلت على دائرة الطرف الباعث ، وتوصل دائرة الطرف المجمع بمقاومة تمثل مقاومة الحمل ، ويمكن الاستغناء عن هذه المقاومة بجهاز كهربى يمكنه استهلاك التيار الذى يمر خلال دائرة الطرف المجمع مثل سماعة أو مضخم صوت أو مكشف أو محول أو سلك مقاومة . وعلى الرسم أيضاً تمثل الدوائر السوداء الصغيرة الالكترونيات التى تمر خلال الأجزاء المختلفة من الدائرة الكهربائية والناجمة عن توصيل الترانزستور بالبطاريات وهى التى تسبب التيار المسمى بالتيار الأصى Bias Current .

والدوائر الصغيرة الفارغة تمثل الفجوات التى تحدث من توصيل الترانزستور بالبطاريات وتسمى بالفجوات الأصلية .

وبما أن التيارات الأصلية تمر باستمرار عند إتمام توصيل البطاريات بالترانزستور فإنه يمكن اعتبار أن هذه الفجوات والالكترونيات فى حركة مستمرة .

أما الدوائر السوداء الكبيرة فتمثل الالكترونيات ، والدوائر الكبيرة الفارغة تمثل الفجوات وهما اللذان ينتجان من إدخال إشارة صغيرة فى هذه الدائرة . وعند النظر إلى التيارات الأصلية التى تمر فى الدائرة أولاً عند

توصيلها بالبطاريات نرى أن الالكترونات تندفع من الطرف الباعث (وهو المصنوع من الجرمانيوم من النوع السالب) إلى منطقة القاعدة (وهي من النوع الموجب) ويتم مرور هذه الالكترونات في هذا الاتجاه لأن الطرف الباعث والقاعدة متصلين بالبطارية في اتجاه التوصيل . ويتبع تدفق الالكترونات إلى القاعدة أندفاع الفجوات إلى الطرف الباعث وينتج عن انتقال الالكترونات في اتجاه القاعدة واندفاع الفجوات إلى الطرف الباعث في الاتجاه المضاد تيار كهربى يمر خلال هذا الجزء من الدائرة وتبلغ قيمته مللى أمبير واحد عندما يكون جهد البطارية المستخدمة حوالى فولت واحد .



شكل رقم (٦٣)

كيفية انتقال الالكترونات والفجوات خلال الاجزاء المختلفة من الترانزستور . والدائرة الكهربائية هي دائرة تكبير ذات قاعدة أرضية أو قاعدة مشتركة .

الدوائر السوداء الكبيرة تدل على الالكترونات الناتجة عن مصدر الإشارة

المجوفة الفجوات

السوداء الصغيرة الالكترونات الأصلية من البطارية

المجوفة الفجوات

وننتجه الآن بنظرنا نحو دائرة الطرف المجمع فنجد أن الالكترونات

تندفع من منطقة القاعدة إلى الطرف المجمع (وهي من النوع السالب)

وتعكس الآية بالنسبة للفجوات التى تندفع من الطرف المجمع نحو القاعدة

ويعزى ذلك إلى توصيل الطرف المجمع بالطرف الموجب للبطارية الثانية والذي يقوم بجذب الالكترونات إليه وهى الالكترونات التى صارت متجمعة فى منطقة القاعدة . ويبلغ الجهد الموصل بدائرة الطرف المجمع والقاعدة ٦ فولت وينتج عنه تيار شدته ١.٠ مللى أمبير فى هذه الدائرة . وكما ذكرنا سابقا فإن هذه التيارات لا تمر إلا عند توصيل الترانزستور فى الدائرة الكهربائية التى سبق توضيحها .

وهنا نقف لحظة ... كيف إذن يحدث التكبير فى هذه الدائرة ... ؟ لا بد أولا أن ننسى أو نتناسى لحظة ولو وجيزة هذه التيارات الكهربائية الأصلية فى الدائرة ونركز كل اهتمامنا نحو التغير فى التيار الذى ينشأ فى دائرة الطرف الباعث عند إدخال الإشارة الكهربائية فيها . والاهتمام باكتشاف أثر هذه الإشارة على دائرة الطرف المجمع والتى توصل بالحمل وتسمى لذلك بدائرة الخرج Output

فإذا بدأنا بفرض أن نتيجة توصيل الإشارة هى إضافة جهد موجب صغير إلى دائرة الطرف الباعث فإن هذا الجهد الواجب المضاف يقوم بتغيير الجهد الأصيل بين الطرف الباعث وبين القاعدة الموصلين فى اتجاه التوصيل . وعلى ذلك فإن الالكترونات يزيد تدفقها من الطرف الباعث إلى منطقة القاعدة . واتقريب ذلك إلى الأذهان نفرض أن ١٠٠ الككترون قد تحركت من هذا الطرف الباعث إلى القاعدة فى وحدة زمنية ، وفى نفس الوقت تنتقل ١٠٠ فجوة من منطقة القاعدة إلى الطرف الباعث ولكن يجب أن لا يتساوى هذان العددان * وإنما يجب أن يكون تدفق الفيجوات أقل من تدفق

* الأقلت كفاءة الترانزستور ، وذلك لأنه لو انتقلت ١٠٠ فجوة إلى الباعث نظير ١٠٠ الككترون إلى القاعدة فيكون ذلك بمثابة انتقال ٢٠٠ وحدة تيار من الباعث إلى القاعدة ، فى حين أنه لا يمر من القاعدة إلى المجمع إلا الالكترونات فقط (نظرا لاتصال المجمع بالطرف الموجب للبطارية فينتقل ١٠٠ الككترون فقط ويكون ذلك بمثابة مرور ١٠٠ وحدة تيار من القاعدة إلى المجمع وتصبح النسبة بين التيار الخارج والتيار الداخلى هى $\frac{1}{2}$ وهذا يقلل من كفاءة الترانزستور كما سيتضح ذلك عند الكلام على التحصيل .

الالكترونات ولنفرض أن ١٠ فجوات فقط قد وصلت من القاعدة إلى الطرف الباعث (ويمكن تقليل عدد الفجوات التي تنتقل من القاعدة إلى الطرف الباعث بالتحكم في كمية الشوائب الموجودة في كل من المنطقتين) ولكي ينطلق ١٠٠ الككترون من الطرف الباعث ويندفع ١٠ فجوات من القاعدة لابد أن تكون كمية الزرنيخ في الجرمانيوم المكون للطرف الباعث قدر كمية البورون أو الأنديوم الموجودة في الجرمانيوم المكون لمنطقة القاعدة عشر مرات .

ولكي يقوم الترانزستور بعمله خير قيام فإنه يراعى عند صناعته أن تكون منطقة القاعدة ذات سمك صغير جداً حتى تسمح لجميع الالكترونات بالانتقال من منطقة الطرف الباعث إلى منطقة الطرف المجمع بخاصية الانتشار عبر منطقة القاعدة ذات السمك الصغير .

ولنفرض أنه حدث فعلاً أن جميع الالكترونات تصل مباشرة إلى سطح الالتصاق بين الطرف المجمع والقاعدة حيث تنجذب إلى منطقة الطرف المجمع بواسطة الجهد الموجب للبطارية المتصلة بهذا الطرف .

ولزيادة توضيح التيارات التي تمر في كل من دائرتي الدخول والخروج لهذا الجهاز المكبر نقوم بعمليات حسابية بسيطة للتيارات المارة في الأسلاك المتصلة بالمناطق الثلاث لهذا الترانزستور ، ولذلك نفرض أن كل الككترون في الفرض السابق يمثل وحدة لشدة التيار فتكون شدة التيار الذي يمر في السلك المتصل بالطرف الباعث يساوى ١٠٠ وحدة (وذلك لأن وصول ١٠ فجوات من القاعدة يساوى تماماً انتقال ١٠ الككترونات إضافة إلى القاعدة) وعلى ذلك يكون مجموع عدد الالكترونات التي تمر خلال سطح الالتصاق بين الطرف الباعث والقاعدة يساوى $100 + 10 = 110$ الككترون .

وأما السلك المتصل بالقاعدة فتكون شدة التيار المار فيه ١٠ وحدات فقط (لأن خروج ١٠ فجوات من منطقة القاعدة يماثل وصول ١٠ الككترونات إليها) وهذا التيار الأخير ينشأ من انتقال الفجوات فقط من منطقة القاعدة

إلى الطرف الباعث . ويلاحظ أن الالكترونات التي تصل إلى منطقة القاعدة (١٠٠ الكترون) تعبرها وتصل كلها إلى منطقة الطرف المجمع ، ولذلك فإن هذه الالكترونات لن تدخل في حساب شدة التيار المار في القاعدة .

والخلاصة أن نتجه اضافة جهد الإشارة هو أحداث زيادة في شدة تيار دائرة الطرف الباعث بمقدار ١١٠ وحدة شدة تيار وفي نفس الوقت أحداث زيادة في شدة تيار دائرة الطرف المجمع بمقدار ١٠٠ وحدة أى أن زيادة التيار في دائرة الدخول (الناتجة من الإشارة) قدره ١١٠ وحدة وزيادة التيار في دائرة الخروج (دائرة الحمل) قدره ١٠٠ وحدة .

والنسبة بين زيادة التيار الخارج إلى زيادة شدة التيار الداخل نسبة هامة وتسمى (التحصيل) Gain أو عامل (الفا) Factor - α ويساوى في هذا المثل $\frac{1}{10}$ ويلاحظ أن التحصيل هنا أقل من الوحدة وهو فعلاً ما يحدث في الترانزستور من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة عندما يوصل في دائرة التكمير ذات القاعدة المشتركة بين دائرتي الدخول والخروج .

وهنا أمر يستوقف النظر وقد يبدو غريباً إذ كيف يمكن أن يكون التيار الذى يدخل الترانزستور ١١٠ وحدات والذى يخرج منه ١٠٠ وحدة فقد ومع ذلك يقال إن هناك عملية تكبير وأن الجهاز يعمل كمكبر ... ؟ والواقع أن الجهاز لا يقوم بتكبير شدة التيار . فما الذى يقوم بتكبيره إذن .. مادام لا يكبر التيارات الكهربائية ... ؟؟

والجواب عن ذلك التساؤل هو أن الترانزستور يقوم بتكبير القدرة الكهربائية ويذكر القارئ أن

$$\begin{aligned} \text{القدرة} &= \text{شدة التيار} \times \text{فرق الجهد} \\ \text{أو} &= \text{مربع شدة التيار} \times \text{الممانعة أو المقاومة} \end{aligned}$$

فلا بد أن السر يكمن في الممانعة (حيث أن التيار لا يكاد يطرأ عليه تغيير) فمادور الممانعة في التكبير ... ؟

لو كانت ممانعة الدائرة المتصلة بالطرف الباعث هي نفس ممانعة الدائرة

المتصلة بالطرف المجمع لما كان هناك تكبير . ولكن ممانعة دائرة الطرف المجمع تكون عادة أكبر من ممانعة دائرة الطرف الباعث ، والسبب في ذلك راجع إلى طريقة توصيل كل من الطرفين بمصدرى التيار الكهربى ، فممانعة دائرة الدخول (دائرة الباعث) تكون منخفضة (حوالى ١٠٠ أوم) نظراً لتوصيلها بالبطارية في اتجاه التوصيل . وأما ممانعة دائرة الخروج (دائرة المجمع) فتكون عادة كبيرة جداً نظراً لتوصيل سطح التصاق الطرف المجمع بالقاعدة بالبطارية في الاتجاه العكسى ، وقد تصل ممانعة هذه الدائرة إلى مليون أوم وذلك فى الأنواع الجيدة من الترانزستور وتشمل ممانعة دائرة الخروج ممانعة الحمل .

فإذا فرضنا الآن أن ممانعة دائرة الدخول = ١٠٠ أوم وممانعة دائرة الخروج = ٥٠٠٠٠ ألف أوم وأن كل وحدة من وحدات شدة التيار السابقة تساوى ميكرو امبير واحداً

فتكون الزيادة فى شدة التيار المار فى دائرة الطرف الباعث = ١١٠ ميكرو امبير .

والزيادة فى شدة التيار المار فى الطرف المجمع = ١٠٠ ميكرو امبير

$$\therefore \text{القدرة الداخلة} = \frac{١٠٠ \times ١١٠ \times ١١٠}{١٠٠٠٠٠ \times ١٠٠٠٠٠} = ١٢١,٠٠٠٠٠ \text{ واط}$$

$$= ١٢١,٠٠ \text{ مللى واط}$$

$$\text{والقدرة الخارجة} = \frac{٥٠٠٠٠ \times ١٠٠ \times ١٠٠}{١٠٠٠٠٠ \times ١٠٠٠٠٠} = ٥,٠٠٠ \text{ واط}$$

$$= ٥,٠ \text{ مللى واط}$$

$$\text{إذن تحصيل القدرة أو قوة تكبير القدرة} = \frac{٥}{١٢١,٠٠} = ٤١٣$$

ومعنى ذلك أن الترانزستور عندما تكون ممانعة دائرة دخوله ١٠٠ أوم وممانعة دائرة الخروج فيه ٥٠٠٠ أوم فإن القدرة الكهربائية التى تدخله سوف تخرج منه مكبرة ٤١٣ مرة .

وما دام هناك تكبير للقدر فلا بد أن يكون هناك تبعاً لذلك تكبير في الجهد فإذا فرضنا أن جهد الإشارة الداخلة في الترانزستور يساوى ٠.١١ فولت وهى قيمة يمكن حسابها باستخدام قانون أوم (ج = ت × م) حيث يكون

$$\text{جهد الإشارة (ج)} = \frac{١١٠ \times ١٠٠}{١٠٠٠٠٠} = ٠.١١ \text{ فولت.}$$

$$\text{ويكون الجهد عند طرف مقاومة الحمل} = \frac{٥٠٠٠ \times ١٠٠}{١٠٠٠٠٠} = ٥ \text{ فولت}$$

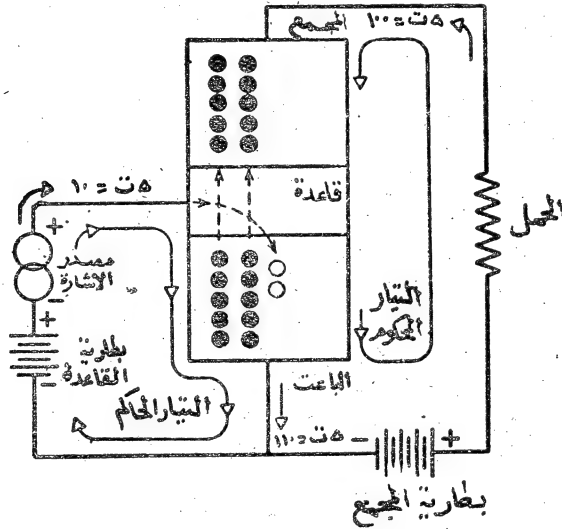
$$\text{إذن تحصيل الجهد أو قوة تكبير الجهد} = \frac{٥}{٠.١١} = ٤٥٥$$

أى أن جهد الإشارة الذى دخل الترانزستور قد خرج منه مكبراً ٤٥٥ مرة ومهما كان أمر تكبير الجهد فإنه لا بد أن نتذكر دائماً أن الترانزستور يقوم عمله على التغيرات فى شدة التيار المار فى دائرة الطرف الباعث إذ أن الإشارة التى تدخل هذه الدائرة تنتقل كما هى دون تغيير يذكر إلى دائرة الطرف المجمع، ومادامت ممانعة دائرة المجمع أكبر من ممانعة دائرة الطرف الباعث فإن القدرة الكهربائية الخارجة من دائرة الطرف المجمع (دائرة الخروج) تكون أكبر من القدرة الداخلة فى دائرة الطرف الباعث (دائرة الدخول) فيحدث تكبير فى القدرة الكهربائية.

وهناك دائرة تكبير أساسية أخرى يمكن استغلال الترانزستور فيها وتسمى دائرة تكبير ذات الطرف الباعث المشترك (أو ذات الطرف الباعث الأرضى . Grounded or Common Emitter).

وسوف نفرض استخدام نفس الترانزستور الذى سبق شرح توصيله فى دائرة تكبير ذات القاعدة المشتركة وكذلك سوف نفرض نفس الجهود المستخدمة بالأجزاء المختلفة فى الترانزستور ونفس شدة التيار التى يسببها

توصيل الترانزستور بإشارة كهربية ذات جهد خاص ويمثل الرسم (شكل ٦٤) هذه الدائرة ، ويلاحظ هنا أن الطرف الموجب لإحدى البطاريتين متصل بالقاعدة والقطب السالب لها متصل بالطرف الباعث وأن القطب الموجب للبطارية الثانية متصل بالطرف المجمع خلال مقاومة الحمل ، وأما القطب السالب لها فهو متصل بالطرف الباعث (بدلا من توصيله بالقاعدة كما في الدائرة الأولى) ، أما مصدر الإشارة الكهربائية فهو موصل بالقاعدة (بدلا من توصيله بالطرف الباعث كما حدث في الدائرة الأولى) .



شكل (٦٤)

كيفية انتقال الإلكترونات والفجوات خلال الأجزاء المختلفة من الترانزستور
الدائرة الكهربائية هي دائرة تكبير ذات الطرف الباعث المشترك

وسوف نرى هنا أن هذا الاختلاف في التوصيل يسبب اختلافا في تحصيل التيار (Current Gain) وبالعودة إلى نفس الأعداد التي سبق استخدامها في الدائرة الأولى فإن سطح اتصال الطرف الباعث سوف تحدث فيه نفس التغيرات السابقة بناء على توصيله بالبطارية في اتجاه التوصيل وبهذا يكون عدد الإلكترونات والفجوات التي تمر خلال الطرف الباعث متساوية (١٠) الترانزستور

للمعدّد السابق ، وعلى ذلك فإن التيارات التي تمر خلال الأجزاء المختلفة من الترانزستور سوف تكون مساوية للتيارات التي مرت في الدائرة السابقة .

أما عند إدخال الإشارة التي تسبب زيادة في الجهد الموجب ، فحيث أنها في هذه المرة متصلة بالقاعدة فإنها تسبب زيادة الفجوات التي تنتقل من القاعدة إلى الطرف الباعث (ولنفرض أن عدد هذه الفجوات هو ١٠) وبما أن نسبة الشوائب في القاعدة إليها في الباعث هو ١٠ / ٠.١ فإن دخول ١٠ فجوات إلى منطقة الطرف الباعث ينتج عنه إنتقال ١٠٠ إلكترون من منطقة الباعث إلى منطقة القاعدة ثم إلى الطرف المجمع (لتأثير الجهد الموجب الموصل بالمجمع) . وتكون النتيجة أن عدد وحدات شدة التيار الداخلة إلى الباعث = ١٠ وحدات والخارجة من المجمع = ١٠٠ وحدة .

وعلى ذلك فإن تحصيل التيار في هذه الدائرة = $\frac{1}{10} = 10$

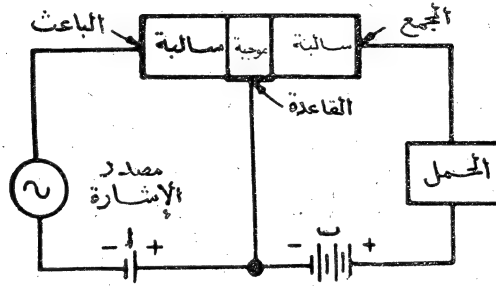
ويلاحظ أن هذه النسبة كانت في الدائرة السابق ذكرها أقل قليلا من الوحدة أما في هذه الدائرة فتسمى النسبة بين التغير في شدة التيار الخارج إلى التغير في شدة التيار الداخل (تحصيل التيار) بعامل بيتا (B - Factor) .

كما أنه يحدث تحصيل في القدرة أكبر مما ينتج عند توصيل الدائرة الأولى . وبما تجدر ملاحظته أن ممانعة دائرة الدخول لها قدر أكبر من ممانعة الدخول في الدائرة الأولى ، كذلك فإن ممانعة دائرة الخروج لها قدر أصغر منها في الدائرة الأولى ، إلا أنه على كل حال في النتيجة النهائية يكون القدرة في هذه الدائرة أكبر منه في الدائرة الأولى .

ويحدّد استخدام أى من الطريقتين للتوصيل ، قيم الممانعات المستخدمة في هذا التوصيل .

الترانزستور ذو الأقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة الموجبة

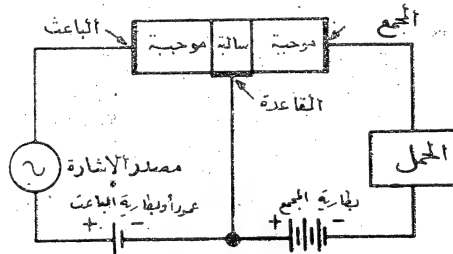
تركب من جزء من بللورة مفردة قد أضيفت إليه كميات مناسبة من الشوائب (الزرنينخ والبورون) ، بحيث يتكون في هذه البللورة منطقتين من النوع الموجب تفصلهما منطقة من النوع السالب .



شكل (١٦٥)

طريقة توصيل الترانزستور من النوع ذي الأقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة بالمصادر الأصلية ومصدر الإشارة الكهربائية في دائرة تكبير ذات قاعدة مشتركة

ولا يفترق هذا النوع عن النوع السابق ذي الأقطاب المتلاصقة السالبة الموجبة السالبة إلا في طريقة توصيلهما بالبطاريات شكلي (١٦٥ ، ب) ، إذ يعكس توصيل البطاريات بهذا الترانزستور ، أى أن الطرف الباعث يوصل بجهد موجب بالنسبة للقاعدة والطرف المجمع يوصل بجهد سالب بالنسبة للقاعدة وفي هذه الحالة يكون مرور التيار الكهربائي عن طريق انتقال



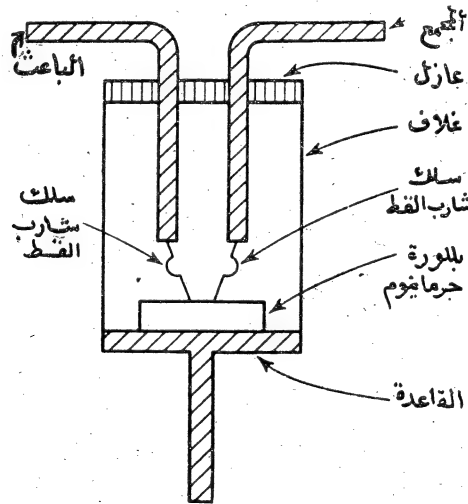
شكل (١٦٥ ب)

طريقة توصيل الترانزستور من النوع ذي الأقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة الموجبة بالمصادر الأصلية ومصدر الإشارة الكهربائية في دائرة تكبير ذات قاعدة مشتركة

الفجوات من الطرف الباعث إلى القاعدة حيث تتجمع وتنتشر فيها ، ثم تنجذب إلى منطقة الطرف المجمع المتصل بالطرف السالب للبطارية الثانية . ومعنى ذلك أن سير الإلكترونات في هذه الدائرة سوف يكون عكس سيرها في الدائرة التي استخدم فيها الترانزستور ذو الأقطاب المتلاصقة السالبة الموجبة السالبة . ويمكن توصيل هذا الترانزستور في دائرتي تكبير أساسيتين تشبهان تماما دائرتي تكبير الترانزستور السابق بعد عكس توصيل البطاريات ، ولن يختلف تشغيله عن سابقه .

الترانزستور ذو نقطتي التلامس Point Contact Tr.

في النوعين السابقين كانت الفكرة الأساسية هي استغلال خواص سطح التصاق بلوريتين من نوعين مختلفين لمادة نصف موصلة . أما في هذا النوع فيستغل خواص موضع تلامس طرف سلك من مادة موصلة بسطح مادة نصف موصلة شكل (٦٦) . فعند تلامس طرف مدبب من سلك معدني

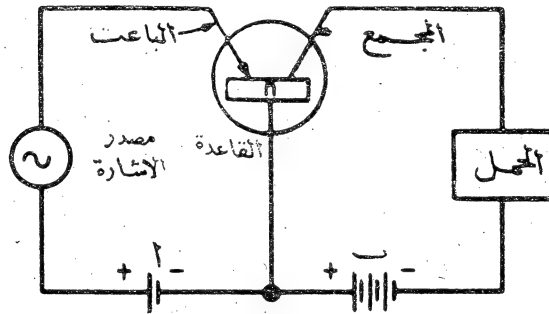


شكل (٦٦)

مقطع طولى في الترانزستور ذو نقطتي التلامس ليان تركيب

صغير المقطع بمادة نصف موصلة يتكون على جانبي هذا السطح فرق في الجهد يشبه تماماً فرق الجهد بين سطح التصاق نوعين من الجرمانيوم الموجب والسالب .

وتستغل هذه الخاصية لسطحين من هذه السطوح في صناعة الترانزستور من النوع ذى نقطتى التلامس . ويلاحظ أن أحد السطحين يوصل ببطارية في اتجاه التوصيل ويقوم بعمل الطرف الباعث ، ويوصل الآخر ببطارية في الاتجاه العكسى ويقوم بعمل الطرف المجمع شكل (٦٧) .



شكل (٦٧)

الدائرة الكهربائية التي يستخدم فيها الترانزستور من النوع السالب ذى نقطتى التلامس لتكبير الاشارات الكهربائية

وأهم الفروق بين الترانزستور ذى نقطتى التلامس والترانزستور ذى الأقطاب المتلاصقة يتخلص في أن الطرف المجمع في النوع الأول هو الذى يقوم بدفع الالكترونات أو الفجوات في منطقة القاعدة ، والمقدار الذى يندفع إلى القاعدة سوف يؤثر في التيار المار في دائرة الطرف المجمع وبتناسب مقدار ما يصل إلى القاعدة (من الالكترونات أو الفجوات) من الطرف المجمع تناسباً طردياً مع تيار الطرف الباعث . ونتيجة لهذا فإن التيار المار في دائرة الطرف المجمع يكون أكبر من التيار المار في دائرة الطرف الباعث بحيث تكون نسبة تكبير التيار (الفا) أكبر من واحد صحيح .

صناعة الترانزستور

بعد أن عرفنا النظرية التي يقوم عليها عمل الترانزستور ، سنبحث في هذا الفصل الطرق الصناعية والأشكال المختلفة للترانزستور . ونبدأ أولاً بدراسة كيفية صناعة الترانزستور ذي الأقطاب المتلاصقة (السالبة الموجبة السالبة) و (الموجبة السالبة الموجبة) .

وتنقسم طرق صناعة الترانزستور إلى ثلاثة أنواع رئيسية :

- ١ — طريقة نمو البللورة المتلاصقة Grown Junction .
- ٢ — طريقة النمو بالحركة المتغيرة السرعة Rate Grown .
- ٣ — طريقة اللحام لتكوين سبيكة Alloying .

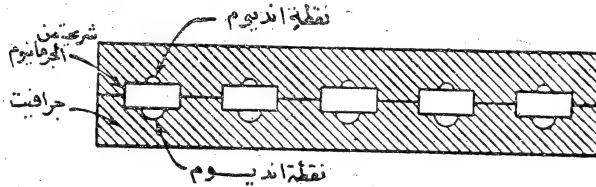
الطريقة الأولى : وهي أهم الطرق في صناعة الترانزستور ذي الأقطاب المتلاصقة وأساسها هو تنمية بللورة مفردة من جهة الحجم ، ويبدأ فيها بوضع كمية من الجرمانيوم النقي جداً مع كمية من الزرنيخ داخل بودقة من الجرافيت يمكن تسخينها إلى درجات عالية من الحرارة . ويمكن سحب ساق من داخل هذه البودقة إلى أعلى بحيث تدور حول نفسها أثناء انسحابها من داخل البودقة ببطء أو بسرعة يمكن التحكم فيها بواسطة جهاز دوران خاص مركب على هذه الساق . وعند ما يتم انصهار الجرمانيوم الموضوع في البودقة بعد التسخين يلقى في المصهور ببللورة مفردة صغيرة روعي في صنعها انتظام سطوحها انتظاماً يشابه ترتيب الذرات فيها ، وعند ما يتعلق بالبللورة جزء من المصهور تسحب هذه البللورة إلى أعلى من المصهور ببطء بحيث تدار أثناء انسحابها ، تماماً كما ينسحب المسار المحوى (القلاووظ) من (صامولته) . وعند ما يتعرض المصهور للهواء البارد فإنه يجمد بالتدريج

كلما خرجت البللورة المفردة من المصهور بحيث تكون أثناء عملية الانسحاب للورة واحدة صلبة ويكون ترتيب الذرات فيها موازياً لترتيبه في البللورة المفردة الأصلية (البذرة) ويتم التبريد اللازم لتصلب البللورة عن طريق انتقال الحرارة خلال البللورة إلى الساق المعدنية الممسكة بها والتي تسبب انسحابها ودورانها وتنتقل الحرارة بالإشعاع إلى الجو المحيط . هذا ما يحدث لتكوين بللورة مفردة كبيرة الحجم . أما من ناحية المناطق المختلفة التي يجب تكوينها في هذه البللورة فيتم ذلك عن طريق وضع كمية من عنصر البورون على سطح المصهور عند ما يبلغ الجزء المتصلب الخارج من المصهور طولاً مناسباً فتتكون عند سحب البللورة منطقة من النوع الموجب ولكن يتم تكوين بقية المنطقة السالبة بوضع كمية أخرى من الزرنيخ على السطح لتزيل آثار عنصر البورون ويصبح الجزء الأخير من البللورة من النوع السالب . ويلاحظ أن عملية دوران البللورة أثناء تكوينها تكفل انتشار عنصر البورون أو الزرنيخ انتشاراً منتظماً في مصهور الجرمانيوم .

وبالطريقة السابقة يكون قد تم صنع بللورة مفردة كبيرة الحجم من الجرمانيوم تحتوي على الأقطاب السالبة والموجبة والسالبة متلاصقة تلاصقاً تاماً ثم تقسم هذه البللورة إلى أجزاء يحتوى كل منها على المناطق الثلاث الموجودة في البللورة المفردة ثم يلحم في كل منطقة سلك معدني للتوصيل بحيث تمثل المنطقة الوسطى قاعدة الترانزستور . وبعد ذلك يغلف الجهاز بغلاف من الزجاج أو البلاستيك ويلحم الغلاف جيداً حتى يبعد آثار الرطوبة والأثرية التي تسبب تلف مكونات الترانزستور . وبنفس هذه الطريقة يمكن الحصول على ترانزستور ذي أقطاب متلاصقة موجبة سالبة موجبة .

والطريقة الثانية : لصناعة الترانزستور ذي الأقطاب المتلاصقة تشبه تماماً الطريقة السابقة ؛ وهي التي تعتمد على تنمية بللورة مفردة صغيرة من

الجرمانيوم بوضعها على سطح مصهور الجرمانيوم ، ثم سحبها ببطء ؛ ولكن في هذه الطريقة وهى المسماة طريقة « النمو بالحركة المتغيرة السرعة » ، يحتوى المصهور على كل من الزرنيخ والبورون ، وبتغيير سرعة انسحاب البلورة من المصهور ، تتكون بللورة مفردة ذات مناطق تحتوى على الزرنيخ وأخرى على البورون . فعند سحب البلورة ببطء يتجمد الجرمانيوم من النوع السالب ، وعند إسراع عملية سحب البلورة ، تتكون منطقة من الجرمانيوم الموجب ، ثم بإبطاء سرعة السحب ثانية تتكون منطقة من الجرمانيوم السالب . وهكذا يمكن الحصول على بللورة مفردة واحدة يوجد بها عدد كبير من المناطق الموجبة والسالبة على التوالى . وهذه الطريقة أرخص بكثير من الطريقة الأولى .

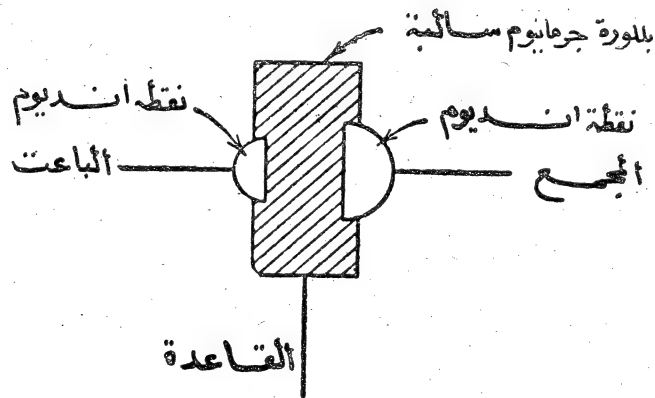


شكل (٦٨)

القالب المصنوع من الجرافيت المستخدم لصناعة الترانزستور من النوع ذى الانطاب المتلاصقة الموجبة السالبة الموجبة بطريقة اللحام

أما الطريقة الثالثة : من طرق الحصول على الترانزستور ذى الأقطاب المتلاصقة ، فهى طريقة تكوين سبائك الجرمانيوم مع الزرنيخ أو الجرمانيوم مع البورون أو الأنديوم . وتشبه هذه الطريقة عملية لحام القصدير بأسلاك النحاس . وتبدأ الطريقة بأخذ بللورة من الجرمانيوم السالب ثم تقسم إلى أجزاء طول كل منها حوالى $\frac{1}{4}$ بوصة وعرضها $\frac{1}{8}$ بوصة ثم توضع هذه الأجزاء داخل تجاويف مساوية لها فى الحجم محفورة داخل نصفين من الجرافيت يمكن ضمهما إلى بعضهما البعض كما هو واضح فى الرسم (شكل ٦٨) . ويوضع على جانبي كل قطعة من قطع الجرمانيوم نقطتين

مجهزتين تجهيزاً خاصاً من عنصر الإنديوم في تجويفين خاصين بهما داخل نصف متوازي المستطيلات المصنوع من الجرافيت (القالب) ومن المعلوم أن الجرافيت يمكنه أن يتحمل درجات عالية من الحرارة دون أن يتأثر أو ينصهر . ويوضع قالب الجرافيت بعد ذلك في فرن درجة حرارته 500°C لمدة قصيرة حيث يحاط القالب بجو من غاز الأيدروجين لمنع التفاعلات . وبواسطة هذه الحرارة الشديدة ينصهر الإنديوم ويبدأ في الارتباط بقطعة الجرمانيوم (في عملية تشبه تماماً عملية اللحام بالقصدير) ليكون سبيكة من الجرمانيوم والإنديوم ، ثم يخرج القالب من الفرن ويترك ليبرد ثم تلحم في البلورة المجهزة ثلاثة أسلاك . ويلاحظ أن كمية الإنديوم الموضوعة على أحد الجانبين صغيرة وتمثل الطرف الباعث . والآخرى كبيرة وتمثل الطرف المجمع . أما قطعة الجرمانيوم السالبة في الوسط فتمثل القاعدة شكل (٦٩) ويلاحظ أن قطعتي الإنديوم سوف ترتبطان ارتباطاً تاماً بالجرمانيوم بحيث يتكون نتيجة هذا الاتحاد بلورة مفردة . والتوازنستور الناتج من هذه العملية من النوع ذي الأقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة الموجبة .



شكل (٦٩)

مقطع طولى في الترانزستور من النوع ذي الأقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة الموجبة المصنوع بطريقة اللحام

ويمكن الحصول على الترانزستور ذى الأقطاب المتلاصقة السالبة الموجبة السالبة وذلك باختيار قطعة الجرمانسيوم من النوع الموجب وتلحم فيها بالطريقة السابقة قطعتان من عنصر الزرنيخ أو الأنتيمون على جانبيها .

ومن الناحية التجارية فإن طريقة اللحام أسهل بكثير من الطرق الأخرى للحصول على كميات كبيرة من الترانزستور بتكاليف قليلة . وفى الحالات القليلة التى يلزم فيها صناعة ترانزستور يحتوى على كميات محدودة من الشوائب فإن الطريقة الأولى (نمو البلورة المتلاصقة) تعتبر أفضل الطرق .

أنواع الترانزستور :

سبق أن تعرضنا للنوعين الرئيسيين من أنواع الترانزستور وهما النوع (م . م . س .) * والنوع (م . س . م .) * ويوجد غيرهما بعض الأنواع الأخرى المستعملة فى دوائر معينة منها .

١) ترانزستور الخطاف Hook Transistor :

وهو يتكون من بلورة مفردة تحتوى على أربع مناطق من الجرمانسيوم بنوعيه سالبة وموجبة ثم سالبة وموجبة ، ولهذا النوع ثلاثة أسطح التصادق تستغل كلها للحصول على قوة تكبير ذات قيمة كبيرة . ولكن هذا النوع له عيوب أهمها التشويش Distortion ، الذى ينتج عند إستعماله ولذلك فإنه لم يستعمل تجارياً بدرجة كبيرة .

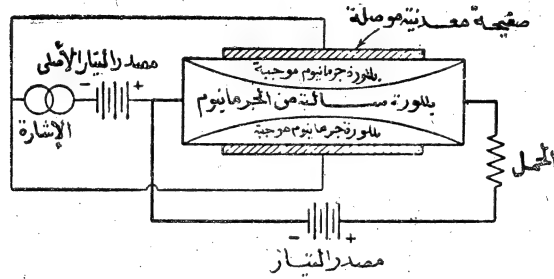
٢) الترانزستور وحيد القطب Unipolar Transistor :

وهو نوع خاص من الترانزستور بالرغم من أن عمله مبني على وجود

* (م . م . س .) ترمز إلى الترانزستور ذى الأقطاب المتلاصقة السالبة الموجبة السالبة .

* (م . م . س .) ترمز إلى الترانزستور ذى الأقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة الموجبة .

سطحي التصاق بين جزئين من الجرمانيوم بنوعيه الموجب والسالب ، إلا أن نظرية عمله تختلف عن نظرية عمل الترانزستور الأساسية التي سبق شرحها .



شكل - (٧٠)

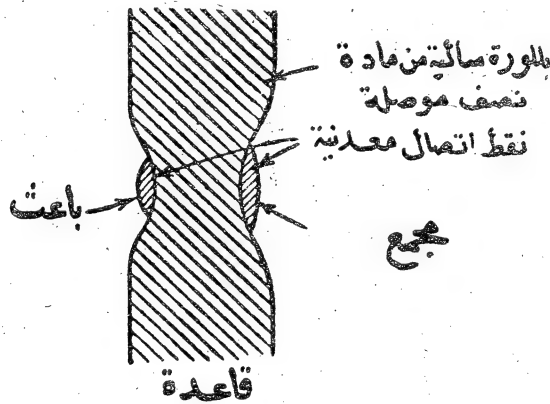
مقطع عرضي في الترانزستور وحيد القطب والدائرة الكهربائية التي يستخدم فيها لأحداث التكبير

ويتركب هذا النوع من طبقة من الجرمانيوم من النوع السالب تنحصر بين طبقتين من الجرمانيوم الموجب كما هو مبين بالرسم (شكل ٧٠) ، وفي هذا الرسم أيضاً تنضح طريقة توصيله في دائرة كهربائية ليقوم فيها بعملية التكبير ، ولتسهيل شرح كيفية قيامه بالتكبير نفرض وجود تيار أصلي هو الذي يمر من البطارية خلال الطبقة الوسطى السالبة وخلال الحمل . وأما الدائرة الأخرى المبينة في الرسم ففيها يتصل أحد طرفي مصدر الإشارة الكهربائية بالطبقتين الموجبتين والطرف الآخر بالقطب السالب للبطارية الثانية التي يتصل قطبها الموجب بالطبقة المتوسطة السالبة في الترانزستور .

وعندما يمر التيار الأساسي خلال الطبقة المتوسطة فان تغيير جهد مصدر الإشارة يزيد أو يقلل من جهد البطارية المتصلة به ويؤثر ذلك في انتقال الكهرباء (حركة الالكترونات) خلال الطبقة المتوسطة . وبالرغم من أن هذا النوع يمكن أن يكون نافعا جداً من الناحية العملية إلا أنه لا يستعمل بصورة واسعة نظراً لارتفاع درجة التشويش فيه .

٣) الترانزستور ذو الحاجز السطحي Surface Barrier Transistor :

يصنع هذا النوع من قطعة من الجرمانيوم السالب يسلط على جانبيها المتقابلين خيط رفيع من محلول ملح يتحلل كهربياً أثناء اندفاعه وتصويبه إلى البلورة ويمر خلال هذا المحلول تيار كهربى مناسب يقوم بعمل حفرتين متقابلتين فى سطحى قطعة الجرمانيوم (موجب أو سالب) ثم يوقف اندفاع السائل نحو هذه القطعة عندما يصل سمك الجرمانيوم إلى السمك المطلوب . ثم يعاد دفع محلول ملح آخر لمعدن مناسب ويعكس توصيل التيار الكهربى فيترسب فى كل من الحفرتين كمية من هذا المعدن . وبذلك لا يكون هناك فى هذا الترانزستور سطحى التصاق بين نوعين من مادة نصف موصلة ، ولكن يستغل فيه خواص سطحى التصاق بين معدن ومادة نصف موصلة شكل (٧١) .



شكل (٧١) مقطع طولى فى الترانزستور ذو الحاجز السطحي

ونظرية عمله لا تختلف عن عملية التكبير فى النوع السابق ذى الأقطاب المتلاصقة ولكن يمتاز عنه بإمكان التحكم فى سمك طبقة الجرمانيوم المتوسطة بين القطبين المعدنيين بحيث يمكن استعمال هذا الترانزستور مع التيارات ذات التردد العالى جداً .

٤) الترانزستور ذو الأقطاب المتلاصقة الموجبة - السالبة - إنديوم - الموجبة

P. N. I. P. Iunction Transistor

و ذو الأقطاب المتلاصقة السالبة - الموجبة - إنديوم - السالبة .

N. P. I. N. Iunction Transistor.

ولا يختلف عن النوع الرئيسى السابق إلا فى وجود طبقة من عنصر الانديوم بين القاعدة والطرف المجمع ، وتقوم هذه الطبقة الجديدة بعمليتين هامتين :

الأولى - أنها تقوم بعزل القاعدة عن الطرف المجمع مما يساعد على تقليل سمك منطقة القاعدة بدرجة كبيرة وهو الأمر الذى سبق أن تبين مدى لزمه وأهميته دون حدوث تماس بين منطقة الطرف المجمع ومنطقة الطرف الباعث .

الثانية - بهذه الطريقة يمكن الحصول على قاعدة ذات سمك رقيق والتحام الانديوم فيه يجعل القاعدة سميكة بحيث يمكن لحام أسلاك التوصيل فيها .

٥) الترانزستور الطافى Drift Transistor :

يتكون من قطعة من الجرمانيوم بها ثلاث مناطق : منطقة الطرف الباعث ومنطقة القاعدة ومنطقة الطرف المجمع ويلاحظ أن نوع الجرمانيوم فى القاعدة يختلف عن نوعه فى كل من الباعث والمجمع فهو إذن يشبه الترانزستور ذا الأقطاب المتلاصقة الذى سبق شرحه ولكن يختلف عنه فى أن كمية الشوائب الموجودة فى الطرف الباعث تكون كبيرة جداً عند بدايته ثم تقل بالتدريج حتى القاعدة ثم تقل فى الطرف المجمع وتظل فى تناقص مستمر حتى الطرف الآخر للترانزستور .

٦) الترانزستور ذو القاعدة المنتشرة Diffused Base Transistor :

تؤخذ شريحة من الجرمانيوم من نوع خاص (موجب أو سالب) وتوضع في فرن وتصر ويذر على سطحها كمية صغيرة من الشوائب من النوع المخالف وتتركز على السطح وتنتشر هذه المادة في الجرمانيوم مكونة طبقة رقيقة هي منطقة القاعدة. ثم يلحم الطرف الباعث من النوع الأول فوق هذا السطح. وأما الطرف المجمع فهو قطعة الجرمانيوم الأصلية ويمكن بواسطة هذه الطريقة الحصول على طبقة رقيقة جداً تحتوى على شوائب من نوع خاص لتكوّن منطقة القاعدة وهو ما يساعد على تشغيل هذا الترانزستور في الدوائر السكهربائية التي تمر فيها تيارات ذات تردد عال جداً.

استخدام السطوح المتلاصقة بين المواد النصف الموصلة في أجهزة أخرى

عندما درسنا المواد النصف الموصلة كننا نهدف إلى التمهيد لموضوعنا الرئيسى وهو الترانزستور. ولكن الترانزستور في الواقع بالرغم من أهميته البالغة التي عينا يبرزها خلال الصفحات السابقة لم يكن إلا تركيباً واحداً من تركيبات مختلفة تدخل في صناعتها المواد النصف الموصلة نكتفى بمجرد ذكر بعضها فيما يلي :

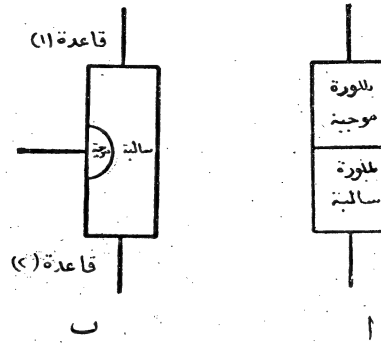
١ — الموحد الثنائى ذو القاعدة المزدوجة Double Base Diode

شكل (٧٢ ب).

٢ — موحد زينر Zener's Diode

٣ — الثرميستور أو المنظم الحرارى Thermistor

٤ — الموحد الثنائى الضوئى Photodiode



شكل (٧٢)

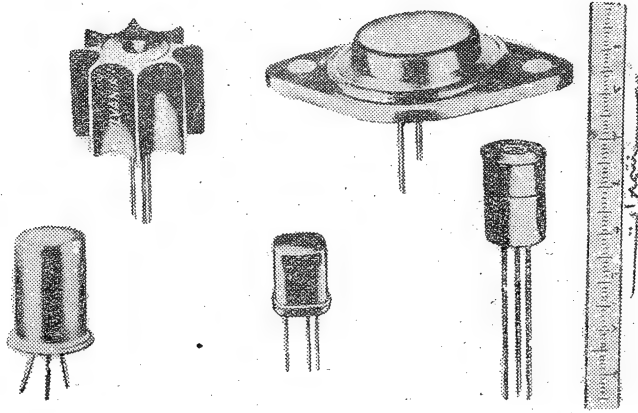
١ — رسم تخطيطي للموحد البلورى العادى .
ب — رسم تخطيطي للموحد البلورى ذى القاعدة المزدوجة .

وتستغل فى هذه الأنواع سطوح الاتصال بين نوعى الجرمانيوم الموجب والسالب بحيث يؤثر الضوء أو الحرارة أو الكهربية عليها ويغير من خواص التيار الكهربي المار فيها .

أشكال الترانزستور وحجومه

تعتبر على وجه العموم حجوم الأنواع المختلفة من الترانزستور صغيرة جدا إذا قورنت بنظائرهما من الصمامات الألكترونية على أنه توجد حجوم وأشكال من الترانزستور تتفاوت تفاوتاً كبيراً فبعضها يبلغ من الصغر حداً يساوى حجم حبة الفاصوليا أو البسلة . ويكون الترانزستور عادة مغلفاً تغليفاً محكماً ليحمى مكثراته من آثار الرطوبة والمواد الغريبة الأخرى مثل الأتربة وما تحمله أحياناً من شحنات كهربية . وترتب أطراف التوصيل الثلاثة للترانزستور بحيث يمكن إدخالها فى « باريزة » خاصة Socket كالمستخدمه فى تثبيت الصمامات الألكترونية الموجودة فى أجهزة الراديو . وفى بعض الحالات لا تكون المسافات بين أطراف التوصيل الثلاثة متساوية كما هو مبين بالشكل (٧٣) وفى بعض الحالات الأخرى

تكون الأطراف متساوية الأبعاد عن بعضها . ويميز الطرف المجمع في معظم الأنواع بوضع نقطة حمراء على الغلاف الخارجي للترانزستور بجانب هذا الطرف .



(شكل ٧٣)

بعض أشكال الترانزستور وبجانبه رسم جزء طوله ٨ سم من مسطرة مدرجة لإمكان مقارنة أبعاد الترانزستور . فمثلا الترانزستور الأوسط يبلغ طوله حوالي . سنتيمتر واحد وقطره حوالي نصف سنتيمتر أى في حجم الذرة تقريباً .

الباب الثامن

صناعة الترانزستور بالمنزل وطرق اختباره

هل يمكن صناعة الترانزستور بالمنزل ؟

الترانزستور جهاز يخلب اللب ويأخذ بمجامع القلوب خصوصا لأولئك الذين مارسوا صناعة الأجهزة الالكترونية بعدما وجدوا فيها من الصعوبات العملية والفنية وبذلوا فيها الكثير من الوقت والجهد والمال وبعد أن أصيبوا مرة أو مرات بصدمات كهربائية عنيفة عند استعمال التيارات العامة الموجودة بالمنازل أو عند استعمال البطاريات ذات الجهد العالي .

لقد صار الآن من اليسير حتى على الصبي الذي لم يبلغ بعد الثانية عشرة أن يقوم بفك وتركيب الأجهزة الالكترونية المستخدم فيها الترانزستور دون عناء ودون خوف عليه من تأثير الصدمات الكهربائية العنيفة .

وبعد أن قدمنا عرضا شاملا لنظريات تشغيل الترانزستور فقد يشوق القارئ الآن أن يصنع بنفسه شيئا يشبع به هوايته ويجعله يفخر بمهارته ولذلك لعله من الأهمية بمكان أن يتعرف القارئ على طريقة صناعة الترانزستور بالمنزل وهو عمل ضخم ليس باليسير ولكن العناية والصبر كفيلان بالحصول على ترانزستور من النوع ذي نقطتي التلامس يمكن توصيله في دوائر تجريبية كثيرة . هذا في الوقت الذي يتعذر فيه صناعة الصمامات الالكترونية بالمنزل مهما توافرت الأجهزة والأدوات إذ أن هذه العملية تحتاج إلى مواد لا يمكن الحصول عليها بسهولة بل وغير معروفة لنا إذ تعتبرها

شركات صناعة الصمامات الالكترونية من الأسرار التي تحرص على عدم إذاعتها .

ومما يجعلنا نهتم اهتماما كبيرا بصناعة الترانزستور في المنزل بحيث نورد له فصلا خاصا عرامل كثيرة منها قلة وجوده بالأسواق في الجمهورية العربية المتحدة مع غلاء ثمنه كثيرا إن وجد ، إذ تبلغ قيمة أرخص أنواعه ١٧٧ قرشا وهو مبلغ يعادل قيمة الصمام الالكترونى المناظر له في العمل ثلاث مرات تقريبا في حين أنه بالإمكان صناعة الترانزستور في المنزل بتكاليف تصل إلى ٨٠ قرشا وبذلك نكون قد وفرنا نصف ثمنه مقابل جهد صغير في صناعته بالمنزل .

وسوف يجد الهاوى لذة لا تعد لها لذة عندما يركب هذا الجهاز في إحدى الدوائر الكهربائية التي سوف نورد وصفا شاملا لها في الأبواب القادمة — ويسمع صوت المذيع في جهازه يردد له (إذاعة الجمهورية العربية المتحدة) .

ولقد أمكن عمل الترانزستور باستخدام الأسلاك المستعملة في الموحدات الثنائية البلورية وهى أسلاك مصنوعة من البلاتين أو التنجستن وتسمى أسلاك شارب القط ، واستخدمت في عمل ترانزستور آخر قطع من حد شفرة الحلاقة بعد لحامها بسلك نحاسى غليظ فضلا عن بعض الأدوات والمواد الكيميائية اللازمة للقيام بهذه العملية ، وقد وجد أنه من المناسب في هذا المقام إيراد الأثمان التقريبية لهذه الأدوات وإماكن الحصول عليها وفيما يلي بيانها :

الأدوات والمعدات اللازمة :

١ — مجموعة مبارد دقيقة وثنائها بين ٥٠ ، ٦٠ قرشا .

٢ — مرود أو ساق زجاجية طويلة وثنائها قرشان .

٣ — ماسك معدني . يمكن استعمال منجلة يدوية ثمنها ٣٠ قرشا أو منجلة كبيرة إن وجدت .

٤ — ملقط ، ويصل ثمنه إلى ٢٥ قرشا .

٥ — لوحة حوالى ٣٠ × ٣٠ سم من البلاستيك أو نوع ممتاز منه يسمى بريسبيكس Perispex ثمنه ١٠ قروش .

٦ — كمية من الموحدات البللورية الشائبة المصنوعة من الجرمانيوم ، ثمن الموحد الجديد ٤٠ قرشا بعد أن ارتفع ثمنه أخيرا وقد كان يباع الواحد منها بحوالى ٢٥ قرشا فقط .

٧ — بعض المواد الكيميائية المذيبة وتشمل :

(١) ترائى كلور وإثيلين .

(ب) رابع كلوريد الكربون .

(ج) محلول بريسبيكس فى الكلورفورم .

أما كن الحصول على الأدوات :

ويمكن شراء المجموعة الأولى من المبارد من محلات بيع الحديد والبويات أما المرود الزجاجى فيمكن الحصول عليه من الصيدليات بثمان زهيد . ويمكن استعمال منجلة يدوية بدل الماسك المعدنى أو أى منجلة عادية وتباع الملاقط ذات الأطراف المنحنية فى محلات بيع أدوات التشريح . ويمكن الحصول على لوحات البلاستيك من شركة البلاستيك الأهلية (شافرمان) أو أى محل من محلات بيع الحديد والبويات ، وأما الموحدات الشائبة فهى تباع عند شركة فيليبس أو فروعها المنتشرة فى بلدان الجمهورية العربية المتحدة ، ومنها يمكننا الحصول على ما يلزمنا من هذه الموحدات والنوع الشائع الموجود رقه O.A.50 . أما المواد المذيبة فيمكن شراؤها من الصيدليات أو شركات بيع المواد الكيميائية .

خطوات العمل :

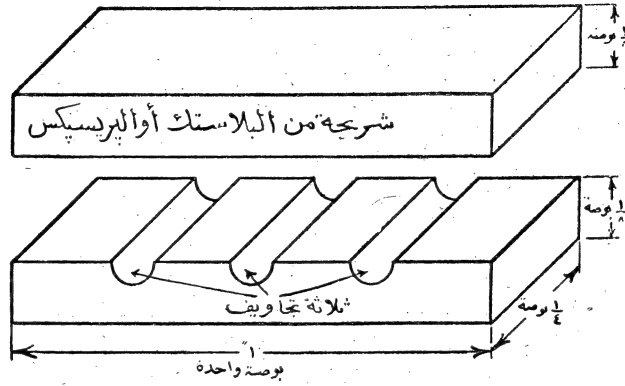
أولاً : أعداد المحلول اللاصق (البيرسبكس في الكلورفورم) .

يمكن عمل هذا المحلول (وهو محلول يشبه الداج في الوظيفة ويمتاز عليه بالنقاء والتحكم في اللزوجة ويمكن عمله بإذابة قطع صغيرة من البيرسبكس في كمية من الكلورفورم تكفي لتغطيتها في زجاجة ذات عنق متسع ، ويقوم المذيب في هذه الحالة بتحويل البيرسبكس إلى مادة لزجة تشبه الجيلاتين المطبوخ ولا بد من تغطية الزجاجات التي تحوى المحلول بغطاء محكم . وعند استعمال هذا المحلول يمكن تخفيفه إلى الدرجة المطلوبة بحيث يقرب في قوامه من محلول الصمغ العربى . ولا بد أن نتذكر دائماً أنه يسهل تخفيف المحلول ولكن على العكس يصعب جعله كثيفاً . ويمكن استعمال مذيب آخر ترى كاوروثايلين في عملية التخفيف ولكن الكلورفورم يفضل في ذلك إذ أن محلول البيرسبكس في الأول يميل إلى أن يتبلور عند جفافه . أما في حالة إذابة — البيرسبكس في الكلورفورم فإن المحلول يتصلب دون أن يتبلور وبذلك يكون أكثر متانة من سابقه . وتستعمل الساق الزجاجية في نقل محلول البيرسبكس من الزجاجات إلى مكانها من التركيب الذى سوف نقوم بعمله .

وتستخدم المنجلة في كسر الغلاف الزجاجى الموحداث الثنائية البلورية وإذا أريد عمل تجاوىف أو فتحات في شرائح البيرسبكس فيمكن استعمال المثقب اليدوى بمساعدة مجموعة المبارد وأهمها المبرد المستدير (ذيل الفأر) والمبرد المثلث .

ثانياً : إعداد اللوحة التى يثبت عليها الجهاز : يقطع لوحة البيرسبكس (سمكة $\frac{1}{8}$ بوصة) إلى شرائح صغيرة طول كل منها بوصة واحدة وعرضها ربع بوصة ويلزنا عدد زوجى من هذه الشرائح لأننا نستعمل زوجاً من هذه

الشراخ لىكل جهاز ، وكل زوج يتكون من قطعتين أو شريحتين إحداهما مسطحة والأخرى بها ثلاث قنوات متقاربة كما هو مبين بالرسم شكل (٧٤) .



شكل (٧٤)

شكل منظور لشراخ البرسيكس اللازمة لصناعة الترانزستور . ويلاحظ وجود ثلاثة قنوات في الشريحة السفلى لإمكان تثبيت أسلاك التوصيل فيها . أما الشريحة العليا فليس بها أية تجاويف

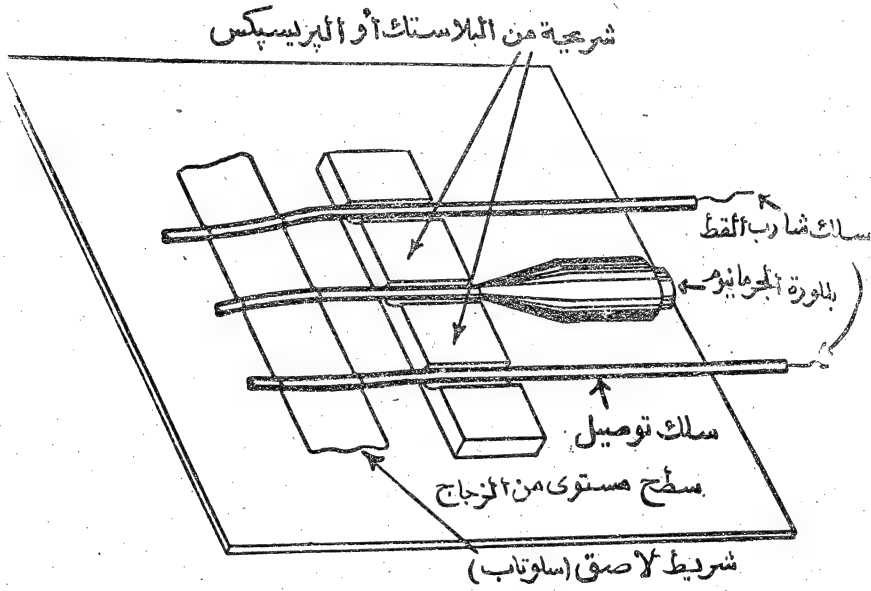
ثالثاً : الحصول على بللورة الجرمانيوم .

ولكسر الغلاف الزجاجى للوحى الثنائى المصنوع من الجرمانيوم ، يوضع الجزء الزجاجى للوحى بين طرفى المنجلة أو أى ماسك معدنى ثم يزداد الضغط بالتدريج على هذا الغلاف الزجاجى حتى ينكسر . بهذه الطريقة تضمن سلامة الأجزاء الداخلية للوحى وأهمها بللورة الجهاز وسلك شارب القط الملامس لها ولا يصح إستخدام مطرقة فى عملية الكسر مطلقاً لأنها تؤدى إلى إفساد واحد أو أكثر من الأجزاء الداخلية للوحى .

رابعاً : كيفية تركيب الترانزستور :

ويلزمنا عند بناء الترانزستور إستعمال سلكين من أسلاك شارب القط وقطعة واحدة من الجرمانيوم وتثبت هذه الأجزاء الثلاثة بواسطة أسلاك التوصيل المتصلة بها فى مكانها على شريحة البرسيكس فى القنوات التى صنعت

خصيصاً لها ثم تثني هذه الأسلاك الثلاثة ثنيات صغيرة وتوضع على لوح من الزجاج وتثبت في مكانها باستخدام شريط لاصق (سلوتاب) من النوع الشفاف كما هو مبين بالرسم شكل (٧٥) وبهذه الطريقة نضمن عدم حركة هذه الأسلاك عند وضع محلول البريسبيكس في التجايف التي سبق عملها وذلك باستخدام الساق الزجاجية .



شكل (٧٥)

رسم منظور بين كيفية تثبيت الأجزاء المختلفة للترانسستور على لوحة من الزجاج لسهولة التركيب

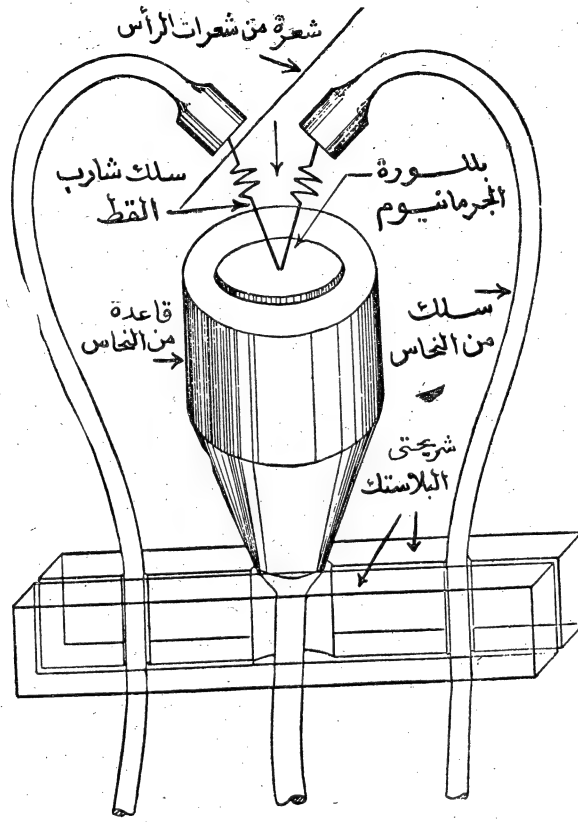
وبعد وضع محلول البريسبيكس في التجايف توضع الشريحة المسطحة الثانية فوق الشريحة الأولى قبل أن يجف المحلول ثم يترك التركيب كله في مكان دافئ إلى أن يجمد البريسبيكس . ولا بد من اتخاذ الحيلة والحذر من الأبخرة الناشئة عند تجفيف المحلول ، فأبخرة الكلوروفورم ذات تأثير فسيولوجي مخدر وقد يغيب هذا التأثير الضار عن الشخص ويسبب فقدان الوعي إذا استنشقت كمية كبيرة من هذه الأبخرة ، ولذا وجب إجراء هذه العملية بجانب نافذة

مفتوحة في غرفة متجددة الهواء . وإذا ماروعيت هذه النصائح فلن يكون هناك أى خطر يمكن أن يحدث .

ويمكن أن يستعاض عن محلول البريسبيكس في الكلوروفورم باستخدام الداج ويجب ملاحظة ضرورة ترك الجهاز مدة كافية حتى يتم جفاف المادة اللاصقة جفافاً يمنع حركة مكونات الجهاز عند القيام بالعمليات التالية .

١ - يثنى طرف أسلاكى شارب القط بحيث يلامسان سطح قطعة الجرمانيوم ثم يعاد ضبطهما باستخدام ملقط ذى سنين رقيقين مدبيين حتى تتم هذه الملامسة وفي الترانزستور الذى تم عمله لا يكون السلكان متلامسين مع بعضهما بل يجب أن تكون هناك مسافة صغيرة جداً تفصل بينهما ويمكن إجراء عملية الفصل باستخدام شعرة من شعرات الرأس التى يمكن برورها بين السلكين أن يفصلا عن بعضهما بمسافة تصل إلى قطر الشعرة شكل (٧٦) ويمكن استخدام أية مواد أخرى لعملية الفصل ، فمثلاً يمكن استخدام ورقة لف السجائر التى يصل سمكها إلى جزء من ألف من البوصة وأحياناً تستعمل الميكا أو صفائح من أى معدن يفصل سلكى شارب القط عن بعضهما ثم بعد ذلك يرفع الفاصل - ولو أنه يخشى حدوث تلامس بين سلكى شارب القط أثناء عملية الرفع ومنه يستحسن استخدام صفيحة رقيقة جداً من الميكا باعتبار أنها مادة عازلة وتترك فاصلاً بين السلكين ولا ترفع . وخشية أن يحدث من اهتزازها تأثير ميكروفونى كالذى يحدث من اهتزاز الصفائح الرقيقة من الموجات الصوتية يراعى تثبيت هذه الصفيحة الرقيقة فى مكانها بين السلكين .

٢ - قد يحدث أيضاً أن يصاحب الصوت المسموع خلال الترانزستور كثير من التشويش إذا لم تكن أسلاك شارب القط مضغوطة على باللورة الجرمانيوم ضغطاً كافياً ، لذا لا بد بعد توصيل هذه الأسلاك أن تضغط وتجرب بالطريقة التى سيأتى بيانها .



شكل (٧٦)

شكل منظور بين كيفية فصل أسلاك شارب القط عن بعضها باستخدام شعرة من شعرات الرأس

٣ - من الملاحظات التي تجب العناية بها عدم ملاسة اليد لأي جزء من مكونات الجهاز حتى لا تترك أثراً دهنية فوق هذه الأجزاء مما يجعلها كأنها معزولة ويقلل من كفاءة الجهاز لذا يجب إزالة الطبقة الدهنية التي تتركها اليد بغمس الجزء الملموس في زجاجة رابع كلوريد الكربون النظيف مع مراعاة عدم وصول المذيب إلى شراخ البريسبكس حتى لا يذوبها هي أيضاً .

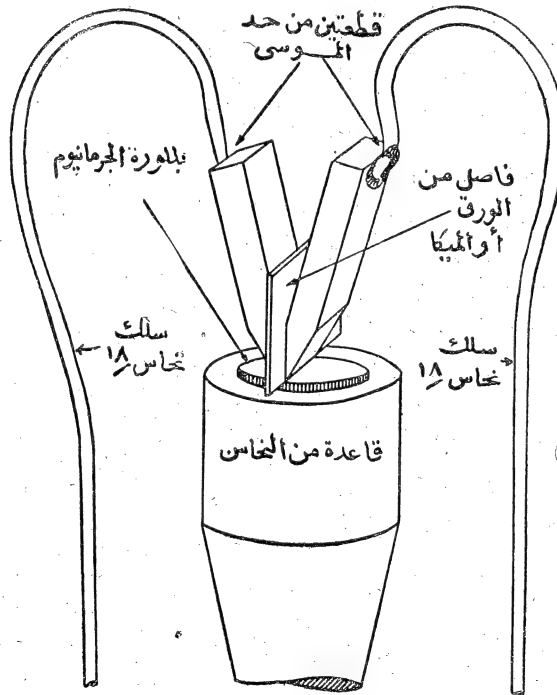
٤ - يجب مراعاة أن يكون مذيب رابع كلوريد الكربون نقياً تمام النقاء لأن وجود أي مادة مذابة فيه أو عالقة فيه سوف تنبثق على أجزاء الجهاز

عند تبخر رابع كلوريد الكربون وبعد غمس أطراف الجهاز في المذيب فإنه يمكن إزالة فقط المذيب الزائدة على هذه الأجزاء باستخدام ورقة نشاف ثم يترك الجهاز ليجف بعيداً عن ذرات التراب .

هـ — الملقط يجب أن يكون من النوع المستخدم في الجراحة أو الساعات بحيث يكون قوى الامساك بالأشياء الصغيرة وذات أطراف دقيقة وربما كان النوع المستخدم في طب الأسنان ذو الأطراف المنحنية أحسن من النوع المستقيم إذ يمكن باستخدامه ضبط أحد أسلاك شارب القط دون حدوث أى تغيير في موضع الطرف الآخر الذى يكون قد وضع في مكانه .

وقد أمكن عمل جهاز ترانزستور آخر باستخدام قطعتين من موسى الحلاقة قد لحما بالقصدير في قطعتين من سلك النحاس المعزول رقم ١٨ S.W.G. وهو سلك قطره ١,١٥ ملليمتر (شكل ٧٧) وأهم صفاته أنه ذو صلابة ومتانة ويمكن ثنيه بسهولة ويجب اختيار قصدير اللحام المناسب إذ أنه يؤدي أما إلى جودة التوصيل أو رداءته . وقد وجد أن قصدير اللحام ماركة (آراكس Arax) خير ما يصلح لهذه العملية فهو يحتوى على كمية صحيحة من مساعد الصهر (فلوكس) ويمكن باستخدامه لحام الصلب الأزرق دون تنظيفه إذ أن تنظيف حد الموسى قد يؤدي إلى كسر طرفه وتقل بذلك جودة ملاصقته لبورة الجرمانيوم وتقل لذلك كفاءة جهاز الترانزستور المصنوع بهذه الطريقة . وبعد استخدام هذا النوع من أنواع قصدير اللحام في تثبيت سلك التوصيل بحد الموسى ينظف موضع اللحام من مساعد الصهر (الفلوكس) وذلك بغسل اللحام بماء ساخن ثم غمسه في رابع كلوريد الكربون . ويلاحظ أن هذا القصدير ينتج عنه تأكل المعادن نظرا لوجود مادة حمضية كمساعد لعملية الصهر فيجب أن لا يستخدم هذا القصدير إلا في لحام الصلب . ويراعى عند تركيب السلك الملحوم به حدى الموسى أن يكون اللحام من ناحية

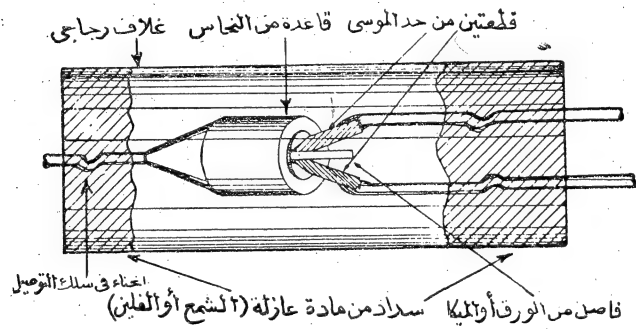
الخارج ، وتضبط قطعنا الموسى بحيث يصبح حداهما القاطعان متوازيين .
 وإذا أمكن ذلك فيوضع بينهما فاصل كما سبق . وتعتبر ورقة لف السجائر
 أو قطعة رقيقة من الميكافا فاصلاً جيداً للحدين . وطريقة تثبيت حدى الموسى
 فى مكانهما على بللورة الجرمانيوم تشبه الطريقة التى ذكرت عند تثبيت طرفى
 أسلاك شارب القط . ويستحسن تقريب الحدين من بعضهما أولاً بالدرجة
 المطلوبة ووضع الفاصل بينهما ثم ضغطهما معاً على بللورة الجرمانيوم
 أو يوضع الحدان معاً على بللورة الجرمانيوم ثم يوضع الفاصل بينهما .
 والنوع الأخير من الترانزستور وهو الذى استخدم فيه حدا الموسى أقل
 حساسية وأقل تشويشاً من النوع الذى استخدم فيه سلكا شارب القط ،
 ولو أن النوع الأخير يمتاز عنه بقوة تحمله وعدم تعرضه للتلف بسرعة .



شكل (٧٧)

شكل منظور لترانزستور صنع باستخدام قطعتين من حد الموسى
 بعد لحامهما بسلكين من النحاس ووضعت ورقة من الميكافا بينهما .

ويمكن أن يوضع الجهاز الذي سبق تركيبه داخل أنبوبة زجاجية كما هو مبين بالرسم (شكل ٧٨) ويراعى أن يثبت السلكان الملتحوم فيهما قطعتي الموسى في مادة عازلة تماماً لإحدى فوهتي الأنبوبة الزجاجية ثم تدخل قطعة الجرمانيوم من الفوهة الأخرى وتثبت في مكانها بواسطة قطعة من المادة العازلة. ويحسن أن يكون الشمع أو الفلين هو المادة العازلة المستعملة في تثبيت أجزاء الجهاز في فوهتي الأنبوبة الزجاجية. وبعد إدخال قطعة الجرمانيوم في مكانها تضغط ناحية السلكين أو (حدى الموسى) ويجب العناية والدقة في أجزاء هذه العملية حتى لا يتباعد السلكان أو حدا الموسى عن بعضهما.



شكل (٧٨)

كيفية تثبيت الترانزستور داخل غلاف من الزجاج

ولا بد أن يتذكر القارئ ما قلناه سابقاً من أن عملية ضبط طرفي السلكين أو حدى الموسى على بللورة الجرمانيوم أهم وأدق عملية وتحتاج إلى كثير من الصبر والعناية. وبعد أن تجرى عدة محاولات يمكن اتخاذ طريقة ثابتة وسريعة لعملية الضبط.

وللحصول على درجة كبيرة من الدقة وثبات اليد عند عملية الضبط بواسطة الملقط يحسن أن يكون المرفق مستنداً إلى المنضدة ويمكن أن تسند اليد الممسكة للملقط على اليد الأخرى أثناء القيام بهذه العملية. ويضاف إلى ذلك

(من سبل التثبيت) أن تستخدم منجلة صغيرة أو ماسك مثبت بالمنضدة بحيث تمسك الجهاز وبذلك تترك كلتا اليدين ثابتتين وحرتين للعمل .

هكذا أيها القارئ تكون قد أتممت عملاً ضئيلاً إذ أنت قمت بتنفيذ هذه التجربة ، فهي مفيدة ومثيرة في نفس الوقت . وسوف تجد النجاح حليفك عندما تتبع النصائح والإرشادات التي وردت فيما تقدم والأمر ليس عويصاً فهناك من الهواة من لديهم الدقة الكافية وثبات اليد التي تمكنهم من تنفيذ صناعة الترانزستور في المنزل بنجاح تام ، هذا وسوف تجد في الأبواب القادمة طرقاً كهربية لاختبار الترانزستور الذي صنعته من حيث حساسيته وقوة تكبيره .

طرق التحقق من صلاحية الترانزستور

قد يحتاج الهاوى بعد أن تم له القيام بصناعة الترانزستور (أو قد يحتاج لاختبار صلاحية الترانزستور المعد في المصانع) إلى التحقق من صلاحيته وقيامه بوظيفته ، لذلك توجد بعض الاختبارات يمكن إجراؤها باستخدام أجهزة مبسطة ستأق الإشارة إليها في الأبواب القادمة بتجارب يسيرة نبيها فيما يلي : —

أولاً : قياس المقاومات في أجزاء الترانزستور :

تقاس المقاومة بين نقطتي التلامس بحيث لا يدخل في هذا القياس مقاومة القاعدة وتجرى هذه العملية باستخدام مقاس للمقاومة (أوم ميتر) ونوصله بطرفي سلكي التوصيل المثبت فيهما حدى الموسيقى أو سلكي شارب القط . فإذا كانت قراءة المقياس قليلة جداً دل ذلك على حدوث تلامس طرفي السلكين الملامسين لقطعة الجرمانيوم فيجب إعادة ضبطهما مرة أخرى

وذلك بإبعادها وإعادة قياس المقاومة وتكرر هذه العملية حتى تصل المقاومة بين هذين الطرفين إلى مليون أوم .

ثانياً : اختبار النقط الحساسة في الترانزستور :

يجب اختبار ما إذا كانت النقطتان اللتان تلامسهما حداً الموسيقى أو طرفاً سلكي شارب القط حساستين بالقدر الكافي . ويقصد بالحساسية قيام قطعة الجرمانيوم بعملها كقوم أى تسمح للتيار الكهربى بالمرور بشدة معينة فى اتجاه وتكاد لا تسمح بمروره فى الاتجاه المضاد أى أنه يجب أن تكون المقاومة فى الاتجاه الأول قليلة ما أمكن (٥٠٠ — ١٠٠٠ أوم) والمقاومة فى الاتجاه المضاد كبيرة جداً (٢٥٠٠٠٠ — ١٠٠٠٠٠٠ أوم) .

ولاستيفاء ذلك على الترانزستور المصنوع تقاس المقاومة بمقياس دقيق بتوصيل قاعدة الترانزستور بأحد طرفى المقياس وليكن الطرف الملون باللون الأحمر ويوصل الطرف الآخر بمقياس المقاومة وهو ملون باللون الأسود بطرف أحد سلكى شارب القط وتقرأ المقاومة على المقياس ثم يعكس توصيل الترانزستور بأن يوصل طرف مقياس المقاومة الأحمر بالسلك المتصل بشارب القط والأسود بالقاعدة وتقرأ المقاومة . فإذا كانت القراءة الأولى صغيرة فى الحدود السابقة والقراءة الثانية كبيرة فى الحدود المبينة دل ذلك على أن تلامس سلك شارب القط الذى أجريت عليه التجربة مع قطعة الجرمانيوم حدث فى نقطة حساسة وإلا فيعاد تغيير نقطة التلامس وقياس المقاومة فى الاتجاهين حتى نحصل على مقادير المقاومة فى الحدود السابقة .

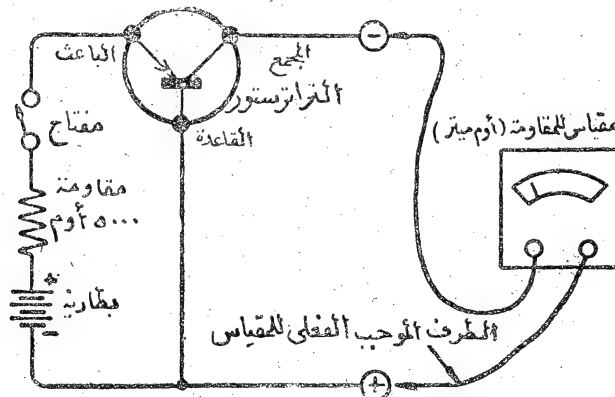
نكرر هذا العمل بتوصيل القاعدة مع سلك شارب القط الآخر للحصول على النقطة الحساسة بين هذا الطرف الآخر وبلورة الجرمانيوم .

ثالثاً : تحديد كل من الطرف المجمع والطرف الباعث للترانزستور :

تركب الدائرة المبينة بالرسم شكل (١٧٩ ، ت) وتتكون من خمسة أجزاء رئيسية نورد فيما يلي تفصيلها :

- ١ — الترانزستور المراد اختبار أطرافه .
- ٢ — مقياس للمقاومة (أوم ميتر) .
- ٣ — بطارية ٤ فولتا .
- ٤ — مقاومة ثابتة قدرها ٥٠٠٠ أوم .
- ٥ — مفتاح توصيل .

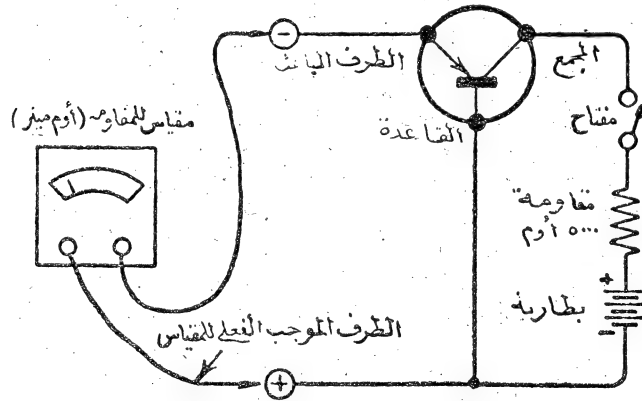
عند توصيل هذه الدائرة يراعى أن يكون الطرف الموجب الفعلى لمقياس المقاومة موصلاً بقاعدة الترانزستور والطرف السالب الفعلى لمقياس المقاومة موصلاً بأحد السلكين الآخرين للترانزستور . أما السلك الثالث فى الترانزستور فيوصل بالمفتاح ثم بالمقاومة الثابتة ثم بالقطب الموجب للبطارية (٤ فولت) . ويوصل الطرف السالب للبطارية بقاعدة الترانزستور ثم إلى الطرف الموجب الفعلى لمقياس المقاومة . ويتضح هذا التوصيل من الرسم المرافق شكل ١٧٩ .



شكل (١٧٩) .

دائرة لبيان طريقة تعيين كل من الطرف الباعث والطرف المجمع للترانزستور

ويبدأ العمل بقراءة المقاومة بين القاعدة وأحد طرفي الترانزستور ونفرض أنه الطرف الأيمن المبين بالرسم وذلك بواسطة مقياس المقاومة في الوقت الذي يكون فيه مفتاح توصيل الطرف الآخر المتصل بالقاعدة مفتوحا . وبعد ذلك تقفل دائرة القاعدة مع الطرف الثاني للترانزستور ويلاحظ نقص قراءة مقياس المقاومة مما يدل على نقص المقاومة خلال هذه الدائرة . ربما كان الهبوط في هذه القراءة صغيرا إلا أنه لا بد من حدوثه حتى نتأكد من قيام الترانزستور بعمله ويسمى الطرف الأيمن من الترانزستور المرسوم بالطرف المجمع ، ثم تكرر العملية السابقة بعد عكس التوصيلة السابقة (شكل ٧٩ ب) بالنسبة لطرفي الترانزستور مع بقاء توصيلة القاعدة دون تغير . ونلاحظ مقدار التغير في مقاومة دائرة الطرف الأيسر مع القاعدة عند غلق دائرة الطرف الأيمن بواسطة مفتاح التوصيل . هذا التغير سوف يكون كبيرا بالنسبة للتغير الذي حدث في التجربة السابقة وعلى ذلك نسمى الطرف الأيسر (في شكل ٧٩ ب) بالطرف الباعث ، أما إذا كان التغير في هذه الحالة أقل من التغير في الحالة السابقة فنعكس التسمية .



شكل (٧٩ ب)

دائرة لبيان طريقة تعيين كل من الطرف الباعث والطرف المجمع للترانزستور .

جهاز اختبار الترانزستور

الغرض من الجهاز :

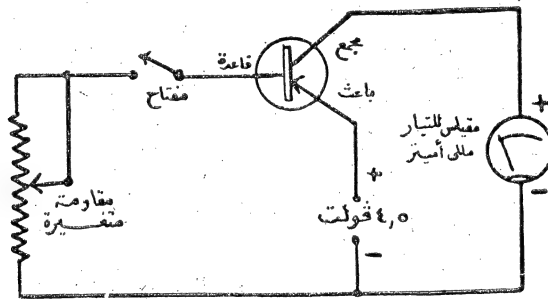
بعد أن أخذنا فكرة عن نظرية عمل الترانزستور والطرق العامة لدراسة خواصه المختلفة وكيفية صناعة الترانزستور في المنزل وطرق التحقق من صلاحيته أصبح من الضروري توضيح الأجهزة العملية التي يمكن أن نقوم بتركيبها في المنزل وتصلح لاختبار صلاحية الترانزستور وإيجاد معامل تكبيره الذي يسمى معامل بيتا الذي يدل على جودته وكفاءته بالنسبة للدوائر المختلفة التي يركب فيها . وعامل بيتا لأي ترانزستور هو النسبة بين شدة التيار الخارج من الترانزستور وبين شدة التيار الذي يدخله والذي يسبب هذا التيار الخارج . وبواسطة هذا الجهاز يمكننا قياس عامل بيتا بعد عملية حسابية صغيرة وهو أمر لا بد من معرفته عند تصميم الدوائر الكهربائية التي يستخدم فيها الترانزستور .

ويشبه عامل بيتا للترانزستور عامل القدرة في الصمامات الإلكترونية . وبالإضافة إلى هذه الخاصية التي يمكن استخدام الجهاز في قياسها فإنه يمكن به معرفة أى قطع في أسلاك الترانزستور الدخلية أو تلامس طرفين من أطرافه أو زيادة شدة التيار الذي يمر خلاله نتيجة لكثرة استعماله .

ويكلف هذا الجهاز الذي سيأتي وصفه مبلغا بسيطا من المال قد يصل خمسين قرشا إذا اشتريت بعض أجزائه من محلات بيع مخلفات الجيش وأهم هذه الأجزاء وأعلاها هو الأميتر (من النوع الذي يستعمل في قياس الملمى أمبير ويقرب منه من ثلاثين قرشا وهناك بعض المقاومات ومفتاح توصيل وعلبة للجهاز وقاعدة للترانزستور وأسلاك للتوصيل وهي رخيصة الثمن ولا تكلف كثيرا .

تركيب الدائرة :

١ - الدائرة الكهربائية الأساسية التي سوف يتم بناء الجهاز بموجبها موضحة بالرسم (شكل ٨٠) وفيها توصل قاعدة الترانزستور بأحد طرفي مفتاح توصيل ويوصل الطرف الآخر للمفتاح بالسلك المتحرك في مقاومة متغيرة بعد توصيل إحدى نهايتي المقاومة به .



(شكل ٨٠)
دائر اختبار جهاز الترانزستور

٢ - يوصل الطرف السالب ببطارية قوتها الدافعة ٤ فولت بالطرف الآخر من المقاومة مع الطرف المشار إليه بإشارة (-) على مقياس الأميتر

٣ - يوصل طرف الأميتر المشار إليه بعلامة (+) بالطرف المجمع للترانزستور المراد اختباره .

٤ - يوصل الطرف الموجب للبطارية بالطرف الباعث للترانزستور . وبهذه الطريقة يكون الطرف الباعث مشتركا في دائرتي الطرفين الباعث والطرف المجمع . وعندما يكون المفتاح مفتوحا لا يمر تيار من القاعدة إلى الطرف الباعث ولكنه يمر من الطرف الباعث خلال الترانزستور إلى الطرف المجمع . وتدل قراءة الأميتر على شدة التيار المار خلال هذين الطرفين وهو تيار صغير جدا في الأنواع الجيدة من الترانزستور . وعند (١٢) الترانزستور

إغلاق المفتاح، يمر تيار من القاعدة إلى الطرف الباعث، وتتحكم المقاومة المتغيرة المتصلة بدائرة القاعدة في شدة هذا التيار، وينتج عن ذلك زيادة شدة التيار الأول بمقدار يتوقف على عامل بيتا (معامل التكبير). ويمكننا الآن حساب هذا العامل حسب المعادلة الآتية:

$$\text{عامل بيتا} = \frac{\text{شدة تيار الطرف المجمع}}{\text{شدة تيار القاعدة}} = \frac{T_m}{T_c}$$

وتمثل (T_m) مقدار الزيادة في شدة تيار الطرف المجمع وتمثل (T_c) شدة التيار المار في القاعدة، ويمكن حساب شدة التيار المار في القاعدة وهي تساوي خارج قسمة القوة الدافعة للبطارية ($\frac{1}{4}$ فولت) على مقدار مقاومة السلك الذي دخل الدائرة من المقاومة المتغيرة. فإذا فرضنا أن مقدار المقاومة التي دخلت دائرة القاعدة ١٠٠٠٠٠ أوم وكانت القوة الدافعة للبطارية ١٠ فولت، كانت شدة التيار المار في القاعدة يساوي ٠,٠٠١ أمبير. فإذا حدث أن زادت شدة التيار الذي يمر في دائرة الطرف المجمع بمقدار

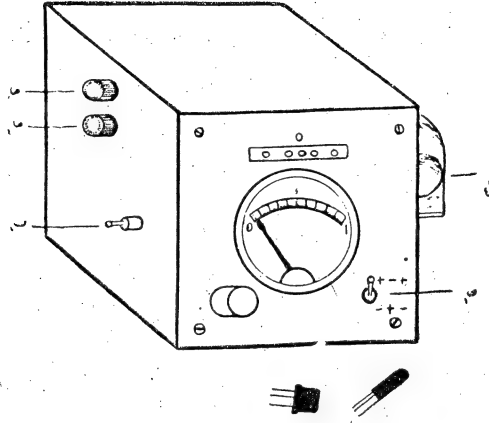
$$٠,٠٠١ \text{ أمبير} \cdot \text{كان عامل بيتا} = \frac{٠,٠٠١}{٠,٠٠٠١} = ١٠$$

ويمكن تدريج المقاومة المتغيرة بحيث تدل على مقادير مختلفة لعامل بيتا. فإذا فرضنا أن ترانزستور آخر زادت فيه شدة تيار الطرف المجمع بنفس المقدار السابق (٠,٠٠١ أمبير) عندما كانت شدة تيار القاعدة = ٠,٠٠٢ أمبير

$$\text{كان عامل بيتا لهذا الترانزستور} = \frac{٠,٠٠١}{٠,٠٠٢} = ٥$$

وطبيعي أن تيار القاعدة يتغير بتغير المقاومة المتصلة معها على التوالي في الدائرة، فإذا ثبتنا مقدار الزيادة في تيار الطرف المجمع بحيث يكون (٠,٠٠١ أمبير) كما في المثال السابق، فإنه يمكن بعمليات حسابية بسيطة

إيجاد المقاومات التي يجب إدخالها في دائرة القاعدة حتى تعطى قيما مختلفة لعامل بيتا .



شكل (٨١) صندوق الجهاز

ويمكن وضع الجهاز داخل صندوق من الألومنيوم شكل (٨١) أبعاده $٥٤ \times ٣ \times ٢$ بوصة ، وترتب الأجزاء الداخلية بحيث تملأ هذا الحيز ويترك في داخل العلبة مكان يمكن وضع البطارية فيه . ويلزم تثبيت وصلة لتركيب الترانزستور عليها في واجهة الجهاز حتى ييسر توصيل الترانزستور بالدائرة الكهربائية .

الباب التاسع

دوائر عملية يدخل الترانزستور في تركيبها

أولاً : أجهزة استقبال

راديو بترانزستور واحد في حجم علبة الكبريت :

إنه من الصغر بحيث يمكن تثبيته في حلقة توضع في أحد أصابع اليد كالحاتم ويعتبر من أصغر أجهزة الاستقبال . وتصل أبعاد هذا الجهاز إلى بوصة طولاً وبوصة عرضاً و $\frac{1}{8}$ بوصة ارتفاعاً . ومن الممتع حقاً أنه يمكن تشغيل الجهاز على بطارية جافة يمكن صنعها بالمنزل ولا تكلف أكثر من خمسة مليات كما يمكن أيضاً تشغيل الجهاز ببطارية زئبق حجمها مثل حجم حبة الأسبرين . وربما يرغب بعض القراء من الهواة في صنع جهاز يشتغل على البطاريات الشمسية المصنوعة من السيليكون ، وسوف يجدون في هذا الجهاز ما يوفي حاجتهم ويشبع رغبتهم .

وكل القطع اللازمة للجهاز يمكن تركيبها في الدائرة مباشرة دون تعديل أو تحويل ما عدا ملف التوليف الذي لابد من عمل بعض التعديلات البسيطة فيه بحيث يلائم بقية الأجزاء من ناحية الحجم . ويكون الملف الجاهز الذي يمكن استعماله في هذا الجهاز عبارة عن أسطوانة من البلاستيك أو الورق المقوى ولفات السلك موجودة عند أحد جانبيها بحيث لا يتجاوز طول اللفات نصف الأسطوانة العازلة . وبما أن النصف الباقي من الأسطوانة غير لازم مطلقاً للجهاز فيلزم قطعه لكي يناسب حجم الملف حجم فراغ الجهاز .

ويجب أن تثبت قطع الجهاز المختلفة على لوح صغير من البلاستيك أو الفير

مربع الشكل طول أحد أضلاعه حوالى بوصة واحدة . والساعة المستخدمة فى الجهاز من النوع الذى يستعمل فى أجهزة مساعدة السمع للصم وهى لا توضع مع بقية أجزاء الجهاز فى علبة واحدة بل تكون خارج العلبة . ويمكن تثبيت قاعدة الجهاز المصنوعة من البلاستيك أو الفير داخل العلبة وتثبت فى العلبة من الخارج حلقة معدنية غير كاملة بواسطة مسمار صغير الحجم ، ويمكن استعمال علبة مصنوعة من البلاستيك كالمستخدمة فى حفظ الحلى أو كالمستخدمة فى حفظ إبر الجراموفون . ويحسن عدم استخدام أنواع البلاستيك (المصنوعة من خلات السيلولوز) فى عمل قاعدة الجهاز لأنها تلين بالحرارة الناتجة عند لحام أجزاء الجهاز فيها . ويلزم معرفة مركز هذه القاعدة المربعة وذلك برسم قطريها ، فيمثل موضع تلاقيهما مركز هذه القاعدة .

وعند هذا المركز يعمل ثقب يتسع للمسمار المحوى (القلاووظ) الذى يستعمل فى تثبيت القاعدة بالعلبة والحلقة وقطره $\frac{1}{16}$ من البوصة .

أما الملف فهو عادة يتركب من أسطوانة من الورق المقوى قطرها نصف بوصة وطولها حوالى بوصتين وبداخلها قلب من الحديد يمكن تحريكه داخل الأسطوانة . ويفك قلب الملف أولاً ثم تفك كذلك أطراف لفات السلك ويقطع من الأسطوانة مقدار الطول الزائد عن طول علبة البلاستيك التى سوف تحوى الجهاز ، ويصل هذا الجزء إلى بوصة وربع ويبقى جزء من الأسطوانة طوله ٣ بوصات عليه لفات الملف . وعند قطع أسطوانة الملف يستخدم موسى الخلاقة ويحرك حركة منشارية على الأسطوانة حتى لا تنكسر ، وعندما يبدأ حد موسى فى إختراق الأسطوانة يوضع القلب الحديدى داخل الأسطوانة حتى يصبح دعامة داخلية لها عند إكمال عملية القطع .

ولكى يتم التوافق بين ملف التوافيق والموحد الثنائى البلورى الذى يقوم بعملية الكشف فى الدائرة الكهربائية ، يفك من الملف حوالى ٢١ بوصة

من السلك ثم تزال المادة العازلة الموجودة عند هذا المكان من السلك ويلف هذا الجزء المكشوف من السلك على هيئة حلقة ، ويلحم بها طرف سلك خارجي مرن ثم تعاد اللغات إلى موضعها السابق ، وليس من المهم إنتظام هذه اللغات وإنما يكفي أن تعاد إلى موضعها بأى ترتيب بأكثر ما يمكن من الدقة ، ثم يثبت طرفا الملف بنقطة من أية مادة غروية لاصقة مثل الداج .

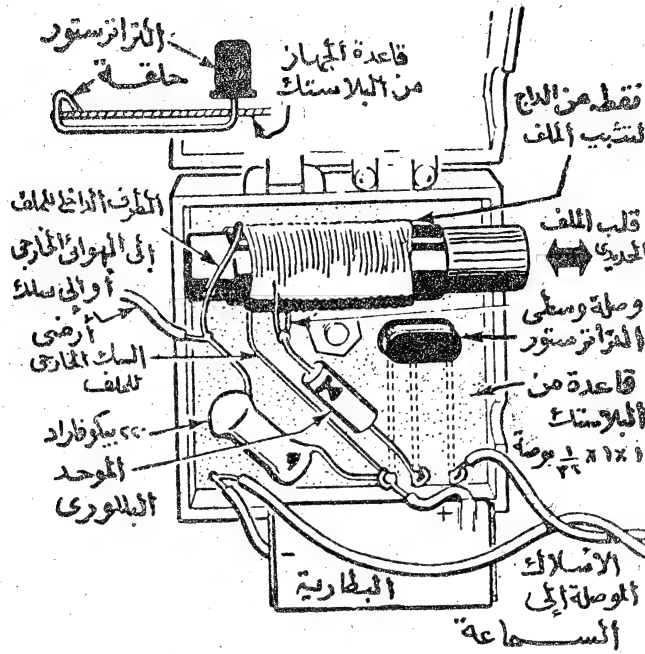
ولقد حاولنا إجراء تجربة فريدة ولطيفة وثبت نجاحها فيما يختص بالملف المستخدم فى توليف الجهاز ، ذلك أن الملف من الأجزاء الهامة التى يبنى على دقته صلاحية الجهاز وحسن أدائه لعمله . والملف الذى وصفناه سابقا تستعمل فيه خاصية إعادة التوليد Regeneration إذ أن جزءا من تيار الإشارة اللاسلكية يرجع ثانية بعد تكبيره إلى دائرة التوليف حيث يعمل على تقوية الإشارة الأصلية تقوية كبيرة . والذى جربناه وثبت نجاحه هو استخدام أحد محولات التردد المتوسط I.F.T بدل الملف للقيام بعملية التوليف اللازمة . والحجوم المستخدمة فى أجهزة الاستقبال الحديثة لهذا المحول حجوم مناسبة وصغيرة بحيث لن تزيد من حجم الجهاز عما وصفناه وتبلغ أبعاد هذا المحول $4 \times 3 \times 1$ من السنتيمترات وبه مسماران من النحاس مثبتان فى قطعتين من برادة الحديد المعزول يستعملان كقلبين متحركين للملفين متجاورين داخل علبة من مادة عازلة تعلوها من الخارج علبة أخرى من الألومنيوم . ولن نقوم بعمل أى تحويل فى هذا المحول ، إذ سوف نركبه كما هو دون تغيير فى الجهاز ويصح تثبيته على القاعدة المربعة باستخدام نقطتين من الداج ثم عمل فتحتين مناسبتين للمسارين الحويين الذين يمكن استخدامها فى توليف الجهاز على محطات الموجه المتوسطة . والمحول الذى استخدمناه هو من إنتاج شركة فيلبس ونوعه A.P. 1001 / 52 وثمنه ٢٥ قرشا (خمسة وعشرون قرشا) .

وعند اختيار الملف الذى سبق شرحه نقوم بتعيين مكانه من قاعدة الجهاز ثم يثبت فى مكانه باستخدام الداج ويجب وضع كمية أخرى من الداج

على لفات الملف التي سبق فكها حتى تثبت في مكانها . وتترك القاعدة وعليها الملف حتى يتماسك الداج تماسكا كبيرا وذلك لمدة ساعة أو أكثر . ويلاحظ أن تكون القاعدة وعليها الملف موجودة في علبة الجهاز الخارجية عندما يترك الجهاز ليتم جفاف الداج وذلك حتى لا يتغير مكان الملف أو يبرز خارجا عن موضعه إذا لم تكن القاعدة في داخل العلبة أثناء عملية التجفيف . أما في حالة اختيار محول التردد المتوسط فيمكن القيام بنفس الإجراء السابق بعد عمل الفتحيتين المناسبتين في العلبة الخارجية للجهاز .

وبعد تمام تثبيت الملف أو المحول في مكانه من قاعدة الجهاز نحاول إيجاد مكان مناسب لتثبيت الترانزستور . ثم نقوم بعمل ثلاثة ثقوب ضيقة تناسب قطر أسلاك الترانزستور بحيث يبعد الواحد منها عن الآخر بنفس البعد الموجود بينها على قاعدة الترانزستور . ومن السهل عمل هذه الثقوب الثلاثة باستخدام إبرة خياطة ساخنة أو دبوس أو سن فرجار أو مثقب يدوي ذو بنطة رفيعة (قطرها $\frac{1}{16}$ ملليمتر) . ثم توضع أطراف الترانزستور خلال الثقوب الثلاثة ويضغط عليه ضغطا مناسباً لكي يلاصق قاعدة الجهاز ثم تثنى الأطراف الزائدة من الناحية الخلفية للقاعدة بحيث تلامسها وتصنع ثلاثة ثقوب أخرى على أبعاد مناسبة في القاعدة وتدخل منها هذه الأطراف وتثنى بعد ذلك بشكل حلقات ، يمكن عمل لحام أسلاك توصيل بها كما هو مبين بالشكل (٨٢) .

وإذا أريد الحصول على نهايات ثابتة لأطراف توصيل الهوائي والمكشف والملف والبطارية وسلك السماعة فيمكن تثبيت مسامير صغيرة ذات رؤوس عريضة وطولها ١ سم أو أقل في ثقوب مناسبة في القاعدة وتثبت من الناحية الأخرى للقاعدة بنقط من القصدير ثم تقطع الأجزاء الزائدة عن مستوى قاعدة الجهاز باستخدام قصافة أو زردية .



شكل (٨٢)

الرسم التوضيحي للدائرة الكهربائية للراديو الصغير

أما الموحّد البللوري المستخدم في الجهاز فهو من نوع الموحّدات الصغيرة المصنوعة من بللورات الجرمانيوم، وهناك أنواع تستخدم للأغراض العامة للتقويم ومنها الأنواع 34 IN أو 50 OA ويبيع النوع الأخير عند شركة فيليبس بمبلغ ٤٠ قرشاً لهذا النوع عبارة عن غلاف زجاجي طوله حوالي ١ سم بداخله قطعة من بللورة الجرمانيوم يلامسها سلك منحني صغير ويخرج من الغلاف سلكان للتوصيل يبلغ طول كل منهما ٤ سم وعند أحد جانبي الغلاف توجد علامتان أحدهما سوداء والأخرى خضراء وهي تدل على المهبط أو الكاثود. ومن ناحية الترانزستور المستعمل في الجهاز فهو من الأنواع العامة ويمكن استعمال أي ترانزستور من النوع ذي الأقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة الموجبة المستخدمة في دوائر التردد المنخفض مثل 70 OC أو 107 N 2 أو 71 OC أو 722 CK وقد استخدم المؤلف نوعاً من الترانزستور

منتشرا بالسوق المصرية ويمكن الحصول عليه من شركة فيلبس بالقاهرة أو الأقاليم وهو OC 71 وثمنه يبلغ ١٧٧ قرشا ويمكن استعمال نوع آخر وهو OC 70 ولكن الأول أفضل في عمله في هذا الجهاز بعد التجربة .

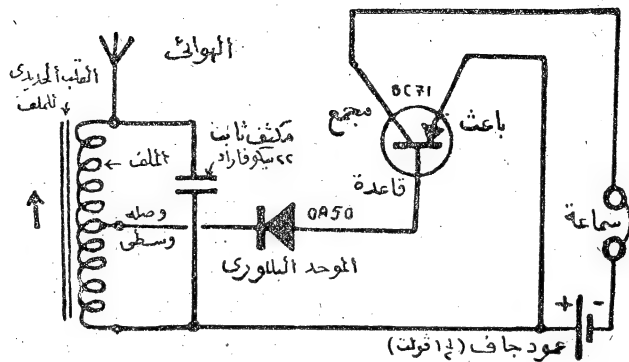
وعند استخدام الملف الذى سبق شرحه لابد من وجود مكثف سعته ٢٢٠ ميكوفاراد يوصل بين نهايتيه وثمنه يبلغ ٣ قروش ويوجد عند جميع محلات بيع قطع غيار الراديو ، وطول هذا المكثف يبلغ ١,٥ سم وقطره حوالى ٨ سم . أما عند استخدام محول التردد المنخفض فى عملية التوليف فلا يلزم وجود هذا المكثف إطلاقا . والملف المستخدم فى عملية التوليف الذى سبق وصفه يبلغ ثمنه ١٥ قرشا . وبذلك يصبح وجود محول التردد المتوسط أحسن بكثير من استخدام الملف ذى القلب الحديدى المتحرك إذ أن استعماله يوفر كثيرا من العناء فى عملية التثبيت ويوفر الحيز الذى سوف يشغله المكثف الثابت الذى سبق ذكره فلن نحتاج إليه مع هذا المحول الذى يحتوى على مكثفين ثابتين فى داخل علبته وموصلين على التوازي مع الملفين .

طريقة توصيل الدائرة :

١ - يوصل أول الملف وآخره بالمكثف الثابت السعة (٢٢٠ ميكوفاراد) شكل (٨٣) .

٢ - يثبت سلك عند أحد طرفي الملف يمكن توصيله بالهوائى .

٣ - يوصل الطرف الآخر للملف بالطرف الموجب للعمود الكهربى (١٢ فولت) مع توصيله بالطرف الباعث للترانزستور (الطرف الموجود فى نهاية الترانزستور المقابلة للنهاية التى توجد عليها نقطة حمراء وهو موضح بالرسم .



شکل (۸۳)

رسم منظور لجهاز الاستقبال يبين أماكن الأجزاء بالنسبة لبعضها

٤ - توصل النقطة المتوسطة في الملف إلى طرف الموحد البللورى
المصنوع من الجرمانيوم المشار عليه بالخطين الاسود والاخضر (المهبط
أو الكاثود) .

٥ - يوصل الطرف الثاني من الموحد بقاعدة الترانزستور وهو السلك الأوسط في قاعدته .

٦ - يوصل الطرف السالب للعمود الكهربي بأحد سلكي السماعه .

٧ - يوصل الطرف المجمع للترانزستور (وهو الطرف المشار إليه بنقطة حمراء على غلاف الترانزستور الأسود) بالسلك الثانى للسماعة .

ولا تختلف عملية التوصيل عند استعمال محول التردد المتوسط عن العملية السابقة إلا في عملية بسيطة وهي أن هذا المحول له أربعة أطراف كل طرفين يمثلان نهايتي ملف فيوصل طرفي التوصيل الداخليين ببعضهما وبسلك ويلحم فيهما مهبط الموحد البللورى . ويوصل إحد الطرفين الخارجيين للمحول بالهوائى والطرف الخارجى الآخر بالقطب الموجب للعمود الكهربي والطرف الباعث للترانسستور . أما بقية أجزاء الجهاز فإنها توصل بنفس الخطوات السابقة .

وتجب العناية التامة بكل من الموحد البلورى والترانزستور خصوصا عند عمليات اللحام ، فلا بد من إمساك الطرف المراد لحامه بجسم معدنى يمكن أن يكون ملقطا أو زردية أو ماسك حتى لا تتسرب الحرارة إلى داخل الترانزستور أو الموحد وتلفه .

وتصنع الحلقة التى يثبت بها الجهاز فى الأصبع من شريط من للنحاس أو الألومنيوم عرضه $\frac{3}{8}$ بوصة وطوله يناسب محيط الأصبع وثقب الشريط من منتصفه ثقباً يناسب قطر المسمار الذى يستخدم فى تثبيته فى قاعدة الجهاز والعلبة الخارجيه . ويجب مراعاة عمل مثقوب الجانبية اللازمة لخروج أسلاك السماعة والهوائى وكذلك الثقوب اللازمة لإخراج مسمارى محول التردد المتوسط اللذين يستعملان فى التوليف . وعند استعمال الملف ذى القلب الحديدى فيجب حينئذ عمل ثقب قطره يناسب قطر القلب الحديدى الذى سوف يتحرك فى داخل الملف للقيام بعملية التوليف .

ولا يفوتنا أن نذكر أن هذه العملية التى تمت بتوصيل أجزاء الجهاز ببعضها لم تشمل مفتاحا يقوم بقطع التيار الكهربى ووصله عن الدائرة الكهربيه ، ولكن يمكن إجراء عملية القطع والوصل خلال سلك السماعة المتصل بالقطب السالب للبطارية إذ بقطعه ينقطع التيار الكهربى عن الدائرة وبوصله يعود التيار إلى الدائرة . ويمكن استعمال مفتاح كهربى صغير قد يصل ثمنه إلى ١٠ قروش ولو أنه سوف يأخذ حيزاً كبيراً نحن فى غنى عنه . ويمكن كذلك استخدام فيشه plug كالمستخدمة فى أعمال التليفونات بحيث يوصل أحد طرفيها بالطرف المجمع والطرف الآخر بالقطب السالب للبطارية . وعند توصيل السماعة خلالها يمر التيار فى الدائرة وعند رفع السماعة ينقطع التيار عن الدائرة .

هكذا نكون قد أتممنا بناء جهاز استقبال بسيط فى تركيبه قوى فى أدائه

وثمنه يصل إلى ٢٧٠ قرشا ولكن يحسن بنا قبل القيام بتشغيل الجهاز أن نذكر شيئا عن السماعات المستخدمة في الجهاز .

أن السماعات التي استخدمها المؤلف كانت من النوع العادى ذى القرص المتحرك ومقاومة ملفاتها تبلغ ١٥٠ أوم وثن الزوج منها ٤٠ قرشا ويمكن الحصول عليها من محلات بيع مخلفات الجيش بالأزهر أو بشبرا . ومعظم الهواة يملكون سماعات للأذن تتراوح مقاوماتها بين ٥٠ أوم ومليون أوم وسوف تشتغل هذه السماعات كلها بدرجة فائقة من الجودة مع هذا الجهاز . ولكن يحق لنا هنا أن نذكر شيئا عن استعمال السماعات البلورية crystal ear pieces وهى سماعات صغيرة تثبت فى الأذن بواسطة بوق صغير يوضع داخل القناة السمعية ويتدل منها سلكان يوصلان بالجهاز الذى يمكن وضعه داخل الجيب الداخلى للجاكيت أو جيب الصدر الموجود بالقميص . وعند استعمال سماعة بلورية يلزم توصيل مقاومة مقدارها ٥٠٠ أوم بين طرفى السماعة الموصلين بالقطب السالب للعمود الكهربى والطرف المجمع للترانزستور حتى يمكن لهذه السماعة القيام بعملها .

ويوصل الهوائى الخارجى للمنزل بالجهاز خلال السلك الخارجى المتصل بملف الجهاز وكلما كان الهوائى الخارجى عاليا ومعزولا عزلا كافيا كلما كان أداء الجهاز قويا وإذا وصل هوائى الجهاز بأى أجسام معدنية مجاورة فيمكن الاستماع إلى المحطات بوضوح وقوة مناسبة . ويمكن توصيل هذا السلك بسلك أرضى متصل بأحد صنابير الماء بالمنزل . وكلنا يعلم أن التيار الكهربى الذى يصل إلى المنزل يمر خلال سلكين أحدهما متصل بالأرض ويمكن اكتشاف ذلك فى بريزة التيار الكهربى الموجودة فى غرفة النوم باستخدام كاشف الجهد Tension Tester وهو عبارة عن مفك صغير متصل بأنبوبة مفرغة من الهواء وبها آثار ضئيلة من غاز النيون وبها قطبان متقاربان وذلك

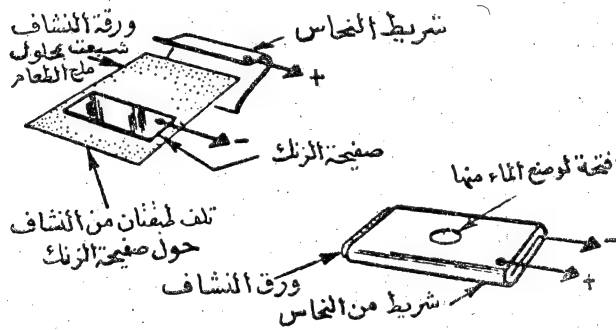
خلال مقاومة كبيرة . فعند ملامسة طرف المفك بكل من طرفي البريزة الكهربائية فإن مصباح النيون يضيء بلون أصفر عند ملامسته لأحد الطرفين ولا يضيء إطلاقاً عند ملامسته للطرف الآخر وبذا يتبين أن هذا الأخير هو الطرف المتصل بالأرض (ومع كل فيمكن ، خشية حدوث أى صدمة كهربية ، استخدام سلك توصيل إلى أقرب صنوبر مياه) .

وبعد توصيل السلك الهوائى بالهوائى الخارجى أو بصنوبر المياه توصل السماعة فى الدائرة وتبدأ عملية التوليف بواسطة القلب الحديدى لل ملف حيث يدار إلى الخارج أو إلى الداخل للاستماع للمحطات المختلفة على الموجه المتوسطة وفى حالة استعمال المحوّل يدار كل من المسارين نحو الخارج أو الداخل بدرجات مختلفة حتى يمكن ضبط المحطة المراد الاستماع إلى إذاعتها . واستعمال المحوّل أيسر فى ضبط المحطات وأكثر حساسية واختياراً لها منه عند استعمال الملف ذى القلب المتحرك الذى ينتج تداخلاً فى المحطات الإذاعية التى تكون أطوال موجاتها متقاربة . ولقد أمكن باستعمال هذا المحوّل فى الجهاز الاستماع إلى جميع المحطات المحلية بوضوح تام وحساسية متناهية فى الدقة . وكان استعمال قطعة من سلك توصيل معلقة فى الجهاز كسلك هوائى طولها حوالى قدمين كافياً لالتقاط الإذاعات التى تذيعها محطات الجمهورية العربية المتحدة فى القاهرة على الموجات المتوسطة ٣٢٠ ، ٢٨٠ ، ٤٨٣ متر ١ .

ويقوم بتزويد هذا الجهاز بالتيار الكهربى اللازم له عمود كهربى قوته الدافعة ١١ فولت وهو من نوع المستخدم فى إضاءة مصابيح الجيب . والحجم المستخدم من هذه الأعمدة فى جهازنا هو أصغر الحجم ويبلغ طوله حوالى ٤ سم وقطره ١,٥ سم وثمنه قرش ونصف ويمكن الحصول عليه من جميع محلات الخردوات أو محلات بيع الأدوات الكهربائية ويمكن أن يعمل

هذا العمود لمدة تصل إلى ثلاثة أشهر بتشغيل كثير (حوالي ١٢ — ١٦ ساعة في اليوم) وبذلك يكلف تشغيل الجهاز ملياً واحداً لكل ستة أيام. ولكي نقوم بتصوير مقدار ما يستهلكه هذا الجهاز من التيار الكهربائي تصويراً دقيقاً نقول أن المصباح الكهربائي الصغير المستخدم في بطاريات الجيب يستهلك مقداراً من القدرة الكهربائية يعادل مائتي مرة قدر ما يستهلكه جهازنا في نفس الزمن.

وبمعنى أوضح أنه لو أضىء هذا المصباح الكهربائي ساعة فإنه يستهلك من القدرة الكهربائية ما يكفي لتشغيل جهاز الاستقبال الصغير حوالي عشرة أيام باستمرار.



شكل (٨٤)

العمود الجاف المصنوع من النحاس والخارصين وملح الطعام

فتأمل مبلغ الوفرة والاقتصاد... وهل فوق ذلك متعة؟ ومع كل ذلك ومبالغة في الوفرة والاقتصاد وزيادة المتعة فإنه يمكن تخفيض مقدار هذا الاستهلاك بدرجة كبيرة وذلك باستعمال عمود كهربائي شكل (٨٤) يمكن أن يصنع في المنزل ولا يكلف سوى خمسة مليات وتلزم لهذه العملية بعض القطع الموجودة بين الأجزاء القديمة المستهلكة بالمنزل وهي:

١ — شريط من النحاس.

٢ — ورق نشاف.

٣ — قطعة من الخارصين (الزنك) .

٤ — ملح طعام .

ويمكن الحصول على شرائط النحاس من محلات بيع الأدوات النحاسية
ويمكن شراء الخارصين من محلات بيع البويات والأدوات الحديدية أو
يمكن الحصول عليه من عمود جاف مستهلك .

يقطع الزنك إلى صفائح طول كل منها $\frac{3}{4}$ بوصة وعرضها $\frac{1}{4}$ بوصة
ويستحسن أن لا يكون بها أى ثقوب أو أى أجزاء متآكلة ويجب تنظيف
هذه القطع إما باستعمال سلك تنظيف الأواني المعدنية المنزلية أو باستعمال
صنفرة ناعمة ثم يلحم بأحد أطرافها سلك توصيل نحاسى معزول بالمطاط
أو البلاستيك ويذاب ملء ملعقة شاي من ملح الطعام فى نصف كوب ماء
وتغمس ورقة النشاف فى هذا المحلول حتى تتشرب منه كمية مناسبة ثم تعلق
قطعة النشاف فى الهواء حتى تجف ويقطع النحاس على هيئة شرائط عرضها
 $\frac{3}{4}$ بوصة وطولها حوالى بوصة . وعندما يتم جفاف قطعة النشاف تقطع
على هيئة شرائط عرضها $\frac{1}{4}$ من البوصة بحيث تكون أعرض بقليل من كل
من شرائط النحاس وشرائط الزنك السابق إعدادها ويلف شريط الورق
مرتين على قطعة الخارصين ثم يلف شريط النحاس فوق شريط الورق ويثبت
طرفا الشريط النحاسى بلحامهما بالقصدير مع قطعة من سلك التوصيل النحاسى
المعزول بالمطاط أو البلاستيك . ويمكن عمل أى عدد من هذه الأعمدة فى
نفس الوقت بحيث تحفظ بعد ذلك فى مكان جاف لحين الحاجة إليها .
ويمثل شريط النحاس القطب الموجب للعمود وشريط الزنك القطب السالب .
ويوصل ضمن الدائرة مكان العمود الجاف الذى سبق توصيله .

وعندما يراد تشغيل الجهاز يكفى وضع نقطة واحدة من الماء على أحد أطراف

ورقة النشاف البارزة من العمود . ويمكن باستعمال نقطة الماء أن يشتغل الجهاز من التيار الكهربى الناتج لمدة أربع ساعات متوالية وبعد ذلك يضعف الصوت فى الجهاز ولإعادة تشغيل العمود يترك قليلا لمدة نصف ساعة دون عمل (وذلك برفع توصيلة السماعه من الدائرة لقطع التيار الكهربى عن الجهاز) ثم توضع نقطة أخرى من الماء على ورقة النشاف فيعود العمود للعمود مرة ثانية . وهذا العمود يشبه العمود البسيط الذى سبق شرحه فى باب مصدر التيار . ويسبب عدم وجود مادة مانعة للاستقطاب (وهو ضعف التيار الكهربى الذى يخرج من العمود نتيجة لتراكم فقاعات من الأيدروجين على لوح النحاس) ضعف التيار الناتج من هذا العمود بعد تشغيله مدة طويلة وربما ضائق ذلك من يقوم بتشغيل الجهاز بواسطة هذا العمود ولكن اللذة التى يجنيها الهاوى من وراء صناعة مصدر للتيار الكهربى بيديه يعوض ذلك . والقوة الدافعة لهذا العمود ١,٤٤ فولت ويمكنه إنتاج قدرة كهربية تكفى لتشغيل الجهاز تشغيلاً حسناً .

أما إذا أردنا أن نزود هذا الجهاز بمصدر ثابت للتيار المستمر يمكنه أن يعمل مدة طويلة دون كلال أو ملل فعلياً باستخدام أعمدة الزئبق وهى مرتفعة الثمن إذ يبلغ ثمن الواحد منها حوالى عشرين قرشاً أن وجدت ولا نظن وجودها فى الوقت الحاضر فى أسواقنا . وجهد هذا العمود يصل إلى ١,٣٤ فولت ويظل هذا الجهد ثابتاً طالما كان العمود سليماً ولا يقل هذا الجهد إلا عندما يستهلك العمود إستهلاكاً تاماً . وحجم هذا العمود يقارب حجم حبة الأسبرين وفيه من المميزات الكثيرة ما يستدعى استخدامه ففيه لن يحدث تآكل فى السطح الخارجى مثل ما يحدث فى الأعمدة الجافة ، ولن ينتفخ أو يخرج منها أية سوائل قد تسبب إتلافاً لأجزاء الجهاز كما يحدث أحياناً عند استخدام الأعمدة الجافة . ويغطى السطح الخارجى لهذا العمود بالنيكل وبذلك يصعب

لحام أسلاك توصيل بطرفيه ، ولذا فمن المستحسن وضع حامل معدني له داخل علبة الجهاز على شكل قطعتين من النحاس يُحشُر بينهما هذا العمود بحيث يتصل أثناء ذلك كل من قطبيه السالب والموجب بقطعتي النحاس . وبذلك يكون من السهل رفع هذا العمود من مكانه عند استهلاكه ووضع عمود آخر في مكانه . وقد يجد بعض المتأقنين أن استعمال البطاريات الشمسية شكل (١٧) في تشغيل الجهاز شيء يدعو إلى المتعة . ولكن يلاحظ أنه عند استعمال هذه البطاريات يعكس توصيلها بالجهاز بمعنى أن الطرف الموجب للبطارية الشمسية يوصل في مكان الطرف السالب للعمود الكهربائي الذي يستخدم عادة في تزويد الجهاز بالتيار .

كيف يعمل الجهاز :

إن الدائرة المكونة من الملف والمكثف الموصلين على التوازي هي دائرة رنين موصلة على التوازي سبق بيان وصفها، فعندما ترد الإشارات اللاسلكية إلى هوائي الجهاز تُنتج فيه تيارا كهربيا ذا جهد خاص وله تردد معين ، فعند تحريك القلب الحديدي للملف يتغير حثه ويتغير تبعا لذلك تردد التيار الذي يحدث معه الرنين ، فعند ضبط هذا القلب في نقطة معينة يصبح رد فعل الملف بالنسبة للتيار المتردد الموجود في سلك الهوائي مساويا ومضادا لرد فعل المكثف بالنسبة لنفس التيار المتردد فيحدث الرنين وينتج عن ذلك أن التيار الذي يمر في دائرة الملف والمكثف يكون أكبر ما يمكن نظرا لخلو هذه الدائرة عند هذه الحالة من أثر رد الفعل (وذلك لأن رد فعل الملف يتضاد مع رد فعل المكثف فيمحوان أثر بعضهما البعض) ولا يوجد في الدائرة غير مقاومة الملف ومقاومة المكثف وهما عادة مقاومات صغيرة فيكبر التيار المسار في هذه الدائرة .

ونظرا لأن الملف هنا يقوم بعمل محول ذاتي فإن وجود نقطة توصيل

في منتصفه تعمل على تقليل الجهد بين طرفي هذا الجزء وزيادة شدة التيار المار فيه وهذا التيار يصل مترددا إلى الموحد الذي يوقف عمل نصف موجاته بحيث يصبح التيار في اتجاه واحد ومقطوع . ثم تصل هذه الإشارة بعد تقويمها إلى قاعدة الترانزستور حيث يزيد من الجهد الأصلي المتصل بها أو ينقصه مما يؤثر زيادة أو نقصانا في شدة التيار المار في الدائرة التي تشمل الطرف الباعث والطرف المجمع والسماعة . فيحدث أن تترجم السماعة هذه التيارات المتغيرة إلى نفس الأصوات الصادرة من محطة الإذاعة .

ويلاحظ هنا أن دائرة الطرف المجمع والقاعدة موصلة بمصدر التيار (وهو العمود الكهربائي) في الاتجاه العكسي . أما دائرة الطرف الباعث مع الطرف المجمع فموصلة في اتجاه التوصيل . وهي الطريقة التي سبق شرحها عند دراسة عمل الترانزستور من النوع ذي الأقطاب المتلاصقة .



جهاز استقبال

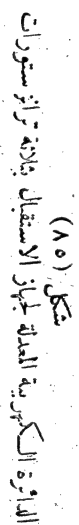
بمستوى على ثلاثة ترانزستورات

هذا الجهاز يمثل أبسط طرق التوصيل وأرخصها . وقد استخدمت فيه ثلاثة ترانزستورات وأنواعها OC 70 ، OC 71 ، OC 72 والشكل (٨٥) يوضح الدائرة الكهربائية لهذا الجهاز وهي معدلة عن التصميم الرئيسى المبين بشكل ٨٦* . ويحتوى على أربعة ترانزستورات أنواعها OC 71 ، OC 71 ، OC 71 ، OC 70 ومنها ترانزستوران من نوع OC 71 يستعملان فى دائرة الخروج ويمكن الاستعاضة عنهما بترانزستور واحد من نوع OC 72 ويستخدم لهذا الجهاز هوائى إيطارى ، وهو يكفى لاستقبال المحطات المحلية للإذاعة وخصوصاً إذا كانت قوية ، ومع ذلك فيمكن استخدام هوائى خارجى مع الجهاز لاستقبال المحطات البعيدة .

وأما الأدوات والأجزاء اللازمة للجهاز الأساسى فهى مبينة فيما يلى
شكل (٨٥) :

١ - ملف من سلك نحاسى معزول بالورنيش رقم ٣٠ S. W. G. وقطر السلك ٣ مم على اسطوانة من الورق المقوى قطرها نصف بوصة وعدد لفات الملف ٧٠ لفة وبداخل الملف اسطوانة من برادة الحديد المعزول ويستعمل هذا الملف بدلا من الهوائى الإطارى الذى يمكن عمله من ٤٢ متراً من سلك نحاس قطره ٨ مم معزول بالقطن على لوح من الفير أو البلاستيك أبعاده ٢٥ × ٢٠ سم وثمن الملف حوالى ١٥ قرشاً وقد يمكن شراؤه من محلات بيع مخلفات الجيش بثمان زهيد لا يتجاوز بضعة قروش وأما الهوائى الإطارى فيبلغ ثمنه نحو ٢٠ قرشاً . وقد أمكن استبدال الهوائى الإطارى والملف السابق بمحول للتردد المتوسط الذى سبق ذكره فى الجهاز

(*) يمكن الهوائى أن ينفذ لإحدى الدائرتين حسب توافر الترانزستورات المناسبة فى السوق .



مکتب (۷۵)

السابق ويصل ثمنه إلى ٢٠ قرشاً . وقد يستعمل هوائي داخلي وهو غالى الثمن (حوالى ٨٠ قرشاً) وهو قضيب من برادة الحديد المعزولة طوله (٢٠ سم) وقطره (١,١ سم) وعليه ملفان من سلك نحاسى من نوع (ليتز Litz) ويستعملان بدل الهوائى الإطارى أو الملف السابق وهو يعطى نتائج حسنة .

٢ — خائق للتردد المنخفض مقاومته (١٣٠) أوم وحثه ٢٠ هنرى وثنمه حوالى ٥٠ قرشاً .

٣ — مفتاح ذو قطبين وقفزة واحدة (Toggle Switch) وثنم هذا المفتاح ١٥ قرشاً ويباع عند محلات بيع قطع غيار الراديو .

٤ — مقاومة ثابتة كربونية ١٥٠٠٠ أوم أو ١٠٠٠٠ أوم وثنمها ١,٥ قرش .

٥ — ضابط صوت (وهو عبارة عن مقاومة متغيرة قيمتها ١٠٠٠٠٠ أوم) وثنمها ١٥ — ٢٥ قرشاً .

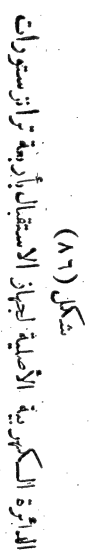
٦ — مكثف ثابت السعة ٠,٠١ ميكروفاراد وثنمه ٤ قروش .

٧ — مكثف متغير (نحاس معزول بالميكال) سعته ٣٠٠ — ٥٠٠ بيكوفاراد أو ٣٠٠ سم — ٥٠٠ سم أو ٠,٠٠٣ — ٠,٠٠٥ ميكروفاراد وثنمه ١٥ قرشاً .

٨ — مضخم للصوت حجمه يتناسب مع حجم العلبة المستخدمة للجهاز ويمكن استعمال مضخم قطره $2\frac{1}{4}$ أو ٣ أو ٦ بوصات مع المحول المتفق مع ملفه Matching Transformer . وتبلغ قيمة مضخم الصوت ١٢٠ — ١٩٠ قرشاً حسب قطره أما المحول فيصل ثمنه إلى ٣٠ قرشاً .

٩ — ترانزستور (OC 70) وثنمه ١٧٧ قرشاً .

١٠ — ترانزستور واحد من نوع OC 71 وثنمه ١٧٧ قرشاً وآخر



مشکل (۸۶)

من نوع OC 72 * وثمان الزوج من هذا النوع الأخير ٣٩٠ قرشاً ولا يمكن شراء قطعة واحدة إذ لابد من بيع القطعتين معاً لأسباب تتعلق بخصائص ومميزات واستعمالات هذا النوع (إذ يستخدم - كما سيأتى ذلك في جهاز آخر - زوج من هذا النوع في دائرة للخروج تستخدم فيها ظاهرة الدفع والجذب).

١١ — موحد بلورى OA 50 وثمانه ٤٠ قرشاً.

١٢ — بطارية ٣ فولت وثمانها ٣,٥ قرش.

١٣ — عمود ١,٥ فولت وثمانه ١,٥ قرش.

١٤ — علبة من البلاستيك المستخدمة في حفظ الشيكولاتة وأبعادها ١٥ سم × ١٠ سم × ٥ سم وثمانها ٨ قروش من إحدى شركات البلاستيك. وبذلك تتراوح تكاليف بناء هذا الجهاز بين ثمانية جنيهات وإثنى عشر جنيهاً وذلك نظراً لإمكان استبدال بعض الأجزاء بأخرى تشتري من مخلفات الجيش، فمثلاً يمكن شراء الخانق المناسب بعد جهد يسير بمبلغ لا يزيد عن خمسة قروش في حين أن ثمنه وهو جديد ٥٠ قرشاً وكذلك الحال بالنسبة لضابط الصوت الذى يمكن شراؤه بثمان يبلغ ١٠ قروش وثمان الجديد منه ٢٥ قرشاً وكذلك بالاستغناء عن ترانزستورين من نوع OC 71 وثمانهما ٣٥٤ قرشاً واستبدالهما بترانزستور واحد قيمته ١٩٥ قرشاً من نوع OC 72.

توصيل الدائرة الكهربائية للجهاز :

قبل إجراء عملية التوصيل يلزم وضع القطع المختلفة في أماكن متناسبة مع بعضها مع ملاحظة توصيل أطراف الترانزستورات بقطعة من الفيبر

(*) يمكن في شكل (٨٦) استخدام زوج من الترانزستور من نوع OC 71 إذا لم يتيسر وجود OC 72.

عليها حلقات نحاسية يمكن تثبيتها في قاعدة الجهاز بواسطة مسارين محويين ويثبت مضخم الصوت في مكان يناسبه بحيث لا يأخذ إلا حيزاً صغيراً . أما ضابط الصوت فيصح تثبيته في أحد الأوجه الضيقة للعبة وبجانبه مفتاح توصيل التيار الكهربى ولقد أمكن للعبة التى سبق وصف أبعادها أن تحوى جميع أجزء الجهاز بما فيها البطارية والعمود الكهربى ومضخم الصوت والمفتاح وضابط الصوت والملف والخائق كما يوجد مكان كاف لوضع المكشف المتغير .

وبعد تثبيت كل جزء فى مكانه المناسب يبدأ فى عملية التوصيل . ولا بد أن تتبع فى التوصيل الرسوم التوضيحية المبينة . ويجب أن يلاحظ أن قاعدة الترانزستور من جميع الأنواع المستخدمة فى هذا الجهاز توصل بالسلك المتوسط من الأسلاك الثلاثة الخارجة من الترانزستور ، كما أن الطرف المجموع مشار إليه بنقطة حمراء على الغلاف الأسود للترانزستور وأما الطرف الباعث فلا يوجد له علامة مميزة .

طريقة توصيل الدائرة الأساسية : شكل (٨٥)

- ١ — يوصل أحد طرفى الهوائى الإطارى أو الملف أو أحد ملئى محول التيار ذى التردد المتوسط بالطرف الأسود للوحدة البلورى بأحد طرفى المكشف المتغير (٣٠٠ سم — ٥٠٠ سم) .
- ٢ — يوصل الطرف الثانى للوحدة بقاعدة الترانزستور الأول OC 70 مع أحد طرفى المكشف الثابت (٠.٠١ ميكروفاراد) .
- ٣ — يوصل الطرف المجموع للترانزستور الأول بقاعدة الترانزستور الثانى مع أحد طرفى المقاومة الثابتة (١٥٠٠٠ أوم أو ١٠٠٠٠ أوم)
- ٤ — يوصل الطرف الثانى للملف أو الهوائى الإطارى أو الهوائى

الداخلي أو محول التردد المتوسط بالطرف الثاني من المكشف المتغير والطرف الثاني من المكشف الثابت مع الطرف الباعث لكل من الترانزستورين الأول والثاني بالقطب الموجب للعمود الكهربى ١٢ فولت .

٥ — يوصل الطرف الثاني من المقاومة الثابتة بأحد طرفى المقاومة المتغيرة (ضابط الصوت) .

٦ — توصل قاعدة الترانزستور الثالث بالطرف الأوسط (المتحرك) من ضابط الصوت مع الطرف الثابت الآخر منه مع أحد طرفى الحائق (للتردد المنخفض) بأحد طرفى النصف الأول للمفتاح (ويوصل الطرف الآخر للمفتاح بالقطب السالب للعمود ١٢ فولت) * .

٧ — يوصل الطرف المجمع للترانزستور الثانى OC 70 مع الطرف الثانى للخائق مع الطرف الباعث للترانزستور الثالث بالقطب الموجب للبطارية عالية الجهد (٣ فولت) .

٨ — يوصل الطرف المجمع للترانزستور الثالث بأحد طرفى الملف ذى المقاومة الكبيرة لمحول مضخم الصوت .

٩ — يوصل الطرف الآخر للملف ذى المقاومة الكبيرة فى المحول بأحد طرفى النصف الثانى للمفتاح (مع توصيل الطرف الثانى لهذا المفتاح بالقطب السالب للبطارية عالية الجهد ٣ فولت) .

١٠ — يوصل طرفى الملف ذى المقاومة الصغيرة للمحول بمضخم الصوت

وبمقارنة هذه الدائرة المعدلة (شكل ٨٥) بالدائرة الأصلية (شكل ٨٦) يمكن ملاحظة أنه أمكن الاستغناء عن بعض الأجزاء دون الإخلال بالنتائج

* أو مع قاعدتى الترانزستورين الثالث والرابع فى الدائرة شكل ٨٦

التي يمكن الحصول عليها . مثال ذلك ، حذف المقاومة المتغيرة (١٠٠ أوم)
وجهازى قياس شدة التيار ، كذا الترانزستورين . الثالث والرابع OC71
(والاستعاضة عنهما بترانزستور واحد من نوع OC72) . والملاحظ
أن كلا من الترانزستورين المستعملين فى الدائرة الأساسية موصولين
على التوازى ببعضهما ، بمعنى أن كل طرف من أطرافهما متصل مع نظيره
من الآخر . فقاعدة الترانزستور الثالث متصلة بقاعدة الرابع والطرف
الباعث للثالث متصل بنظيره فى الرابع . والطرف المجمع للثالث موصل
بالطرف المجمع للرابع .

ولإجراء عملية الاستبدال يكفي أن يوصل الطرف الباعث للترانزستور
الجديد مكان الطرفين الباعثين للترانزستورين الثالث والرابع وهما من نوع
OC 71 كما سبق وهكذا بالنسبة لبقية الأطراف .

كيف يعمل الجهاز :

يتكون الجهاز من ثلاث مراحل رئيسية : —

المرحلة الأولى . مرحلة التوليف والكشف وهى مكونة من الهوائى أو
الملف مع مجموعة المكثفين المتغير والثابت والموحد البلورى والترانزستور
الأول OC 70 وهذه المرحلة تشبه فى عملها ما قام به الجهاز الذى سبق شرحه
مع فارق بسيط هو عدم اتصال كل من طرفيه الباعث والمجمع بمصدر
التيار مباشرة .

المرحلة الثانية : هى مرحلة التكبير الأول وفيها يؤخذ التيار الصغير
الخارج من الترانزستور الأول فيوصل فى دائرة الترانزستور الثانى بحيث يزداد
تكبير هذا التيار بالقدر الذى يمكن دفعه إلى المرحلة الثالثة .

المرحلة الثالثة : وهى مرحلة الخروج وتتعامل مع تيارات ذات شدة كبيرة نسبيا وهى مرحلة لازمة وخصوصا فى كل الأجهزة التى يلزم تشغيل مضخم للصوت معها وتماثل هذه المرحلة مرحلة صمامات الخروج فى الأجهزة الالكترونية . وفى الوقت الذى تكون فيه شدة التيار المار فى دائرة الطرف الباعث والمجمع للترانزستور الثانى حوالى ١,٥ مللى أمبير فإن شدة التيار الذى يمر فى دائرة الطرف الباعث والطرف المجمع للترانزستور الأخير (أو الترانزستورين الأخيرين) تصل إلى ٣ مللى أمبير وفى الحالات التى يلزم إخراج قدرة أكبر يمكن إستخدام ترانزستورين من نوع OC 72 يوصلان فى دائرة تسمى دائره الدفع والجذب كما سوف يأتى شرح ذلك فى الجهاز التالى .

ويقوم ضابط الصوت (مقاومة متغيرة مقدارها ١٠٠٠٠٠ أوم) بتغيير الجهد بين الطرف الباعث للترانزستور الأخير (فى دائرة الخروج) وبين قاعدة هذا الترانزستور بالقدر الذى يزيد من مقدار الإشارة التى تدخل إليه أو ينقصها بحيث يعلو الصوت أو ينخفض فى مضخم الصوت . ويمكن استبدال هذه المقاومة المتغيرة بمقاومة ثابتة مناسبة (حوالى ٥٠ ألف إلى ٨٢ ألف أوم) .

ويجب أن يلاحظ ألا تكون مقاومة الخائق أكبر من المقاومة المحددة له وهى (١٣٠ أوم) لأن ذلك سوف يقلل من الجهد المتصل بالترانزستور الثانى وبذلك تزيد شدة التيار المار فى الترانزستور الثالث مما يقلل من كفاءة الجهاز . وإذا كانت مقاومة الخائق أقل من ١٣٠ أوم وجب إضافة مقاومة ثابتة توصل على التوالى معه لتعطى تأثير الجهد المساعد اللازم للترانزستور الثانى حتى تكون شدة التيار المار فى الترانزستور الثالث مناسبة ولا تزيد عن ٣ مللى أمبير .

تشغيل الجهاز :

يوصل الجهاز بمصدرى التيار وذلك بإدارة التوصيل فى الاتجاه الذى يسمح بمرور التيار فى مراحل الجهاز ثم يدار مفتاح ضابط الصوت حتى نحصل على صوت أساسى فى مضخم الصوت . ثم تدار يد المكشف المتغير أو يغير طول القلب الحديدى الموجود داخل الملف أو مسمارى محور التردد المتوسط حتى نحصل على المحطة التى نرغبها وإذا كان الصوت ضعيفا فيحسن تجربة هوائى خارجى يوصل بالطرف المشار إليه باللون الأسود من الموحد البلورى . وإذا كان الصوت ما زال ضعيفا فيستبدل بالهوائى الخارجى سلك أرضى متصل بأحد صنادير الماء فى المنزل .

وفى الجهاز الذى قام المؤلف بتركيبه استبدل مضخم الصوت بسماعة من مخلفات الجيش وهى من النوع ذى الملف المتحرك ومقاومة ملفها حوالى ٥٠ أوم وصلت مباشرة فى دائرة الخروج بين الطرف الجمع للترانزستور الأخير والطرف السالب للبطارية عالية الجهد (٣ فولت) فأعطت صوتا واضحا قويا .

ويمكن استخدام هذا الجهاز فى عمل التكبير اللازم لتشغيل سماعة أذن مما يستعمل فى مساعدة السمع بالنسبة للأشخاص الصم . وعند استعمال جهاز الاستقبال كمكبر يقطع طرفى توصل الملف أو الهوائى الإطارى من الجهاز ويوصل فى مكانهما ميكروفون بلورى من نوع جيد ويستعمل بدل مضخم الصوت والمحول الموافق له زوج من سماعات الأذن من النوع ذى الإبرة المتحركة ومقاومة ملفات كل منهما ٥٠ أوم . ويجب إبعاد الميكروفون عن السماعات حتى لا تسبب ظاهرة إعادة التغذية صفيرا غير مرغوب فيه يسمع خلال السماعات . وعند استعمال مضخم للصوت فى دائرة خروج هذا الجهاز مع ميكروفون بلورى فيجب وضع مضخم الصوت فى غرفة غير الغرفة

الموجود بها الميكروفون ، وإلا حدث صفير مضائق ولذا يمكن استعمال هذا الجهاز البسيط لمعرفة صراخ الأطفال الرضع بوضع الميكروفون بجانب سرير الطفل ووضع مضخم الصوت في غرفة السيدة الأم حتى يمكنها ملاحظة حركات الطفل وصياحه بمجرد حدوثهما .

ويمكن استخدام هذا الجهاز كذلك في المستشفيات بحيث يوضع الميكروفون بجانب سرير المريض والسماعات أو مضخم الصوت في غرفة الممرضات بحيث يمكنهن إجابة طلبات المرضى بسرعة .



جهاز تكبير من ٤ ترانزستورات

يستعمل في أغراض متعددة

صمم هذا الجهاز ليقوم بتكبير التيارات الضعيفة التي تكون لدينا من أجهزة مختلفة . فمثلاً يستخدم في تكبير تيار خارج من رأس إعادة سماع تسجيل من جراموفون أو من مسجل . كما أنه يستخدم لتكبير تيار ضعيف كالنتائج من الترانزستور الصغير السابق توضيحه في الجهاز الأول من مجموعة الأجهزة .

وعلى العموم لو كان لدينا تيار ضعيف بحيث لا يستطيع تشغيل مضخم صوت فإن هذا الجهاز يمكنه أن يقوم بتكبير هذا التيار بالدرجة الكافية بحيث يصبح الصوت قوياً واضحاً بدرجة حساسية كبيرة . وقد جرب على مضخم صوت قطره ٨ بوصات فأعطى نتائج باهرة .

ويتميز هذا الجهاز زيادة على ما سبق بقلّة استهلاكه للتيار الكهربائي فإذا علمنا أن مصدر التيار اللازم له بطارية قوتها الدافعة ٦ فولت وأن التيار اللازم لتشغيل الدائرة هو ٣٠ مللي أمبير أي تصبح القدرة المستهلكة ١٨ واط = ١٨٠ مللي واط وهي قدرة ضئيلة للغاية (تساوي عشر استهلاك المصباح الكهربائي الصغير المستخدم في إضاءة مصباح الجيب) وتتضح ضآلة الاستهلاك بمقارنته باستهلاك جهاز تكبير يشتغل على التيار العام (قدرته ٣٠ واط) أي أن استهلاك جهاز التكبير بالترانزستور = $\frac{1}{30}$ من استهلاك جهاز التكبير العادي .

الأدوات اللازمة للجهاز :

أولاً - المقاومات : مقاومات ثابتة وقدرتها $\frac{1}{4}$ واط ، ومقاديرها

كالاتى وثمن كل منها ١,٥ قرش .

$$١٢ = ٣٣٠ \text{ ألف أوم}$$

$$٤٢ = ١٥ \text{ ألف أوم}$$

$$٥٢ = ١٥ \text{ ألف أوم}$$

$$٦٢ = ٨٢ \text{ ألف أوم}$$

$$٧٢ = ٥,٦ \text{ ألف أوم}$$

$$٨٢ = ١,٨ \text{ ألف أوم}$$

$$٩٢ = ١٠٠ \text{ ألف أوم}$$

$$١٠٢ = ٣٩ \text{ ألف أوم}$$

$$١١٢ = ١٨ \text{ ألف أوم}$$

$$١٢٢ = ٤٧٠ \text{ أوم}$$

$$١٣٢ = ١٥٠ \text{ أوم}$$

$$١٤٢ = ٨٢ \text{ أوم}$$

$$١٥٢ = ١٣٠ \text{ أوم وثمنها} = ١٠ \text{ قروش ورمزها N.T.C.}^*$$

وهناك ثلاث مقاومات متغيرة مقاديرها كالاتى :

$$٢٢ = ٥٠٠ \text{ ألف أوم وثمنها يتراوح بين ٢٠ و ٥٠ قرشا}$$

$$٣٢ = ١٠٠ \text{ ألف أوم وثمنها يتراوح بين ٢٠ و ٥٠ قرشا}$$

$$١٤٢ = ٣ \text{ آلاف أوم ويمكن الحصول عليها من محلات بيع}$$

مخلفات الجيش بسعر قدره ١٠ قروش .

ثانياً — المكشفات : هناك مجموعة من المكشفات الثابتة تلزم لبناء هذا الجهاز :

$$١٢ = ١٢٠ \text{ ميكرو فاراد (من النوع المعزول بالصيني) وثمنه ٥ قروش}$$

* سيأتى شرح عمل هذا النوع من المقاومات

ث _٢ = ١٠	ميكرو فاراد (٢ فولت أو ١٠ فولت) وثمنه ١٢ قرشا
ث _٣ = ٢٢	• (٣ فولت أو ١٠ فولت) وثمنه ١٢ قرشا
ث _٤ = ٣٢	• (٣ فولت أو ١٠ فولت) وثمنه ١٢ قرشا
ث _٥ = ١٠٠	• (١٢٠ فولت أو ١٠ فولت) وثمنه ١٥ قرشا
ث _٦ = ١٠٠	• (٣ فولت أو ١٠ فولت) وثمنه ١٥ قرشا

ويستحسن استعمال الأنواع الصغيرة الحجم من المكشفات حتى لا تشغل حيزا كبيرا في الجهاز .

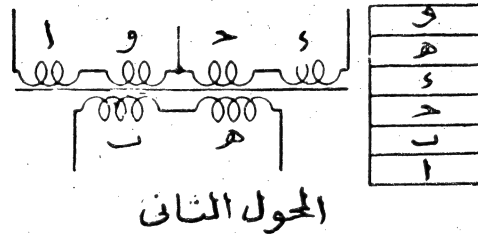
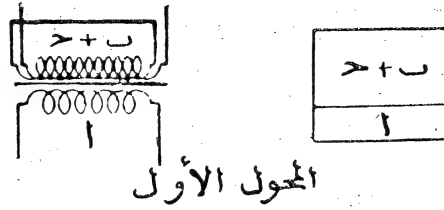
ثالثاً — الترانزستورات : ضمن أدوات الجهاز ٤ ترانزستورات اثنان منها من نوع OC 71 واثنان من نوع OC 72 وقد سبق أن عرف القارىء الثمن وأماكن الحصول عليها .

رابعاً — مضخم الصوت : وقطره ٨ بوصات وتبلغ قيمته ١٥٠ قرشا .

خامساً — مصدر التيار : البطارية المستخدمة ثمنها ١٦ قرشا ويمكن استعمال أربعة أعمدة ثمن الواحد ٢,٥ قرش .

هذا بخلاف مسامير التوصيل والعلبة الخارجية التي تشمل الجهاز وتصميمها متروك لذوق الهاوى .

سادساً — المحولان : المحولان المطلوبان للجهاز لا يمكن شراؤهما جاهزين ولكن يمكن لفهما بعد عملية اختيار دقيقة للصفائح اللازمة بحيث تكون أبعادها مساوية للأبعاد التي سوف نذكرها . والصفائح لكلا المحولين على شكل الحرفين E, I وعند تجميعهما سوف تنتج محولا مقفلا وأبعاد هذه الصفائح وسمكها مذكورة فيما يلي .



شكل (٨٧)

رسم يوضح كيفية لف الملفات التي تكون المحولين المستخدمين في جهاز التكبير مع طريقة توصيل أطراف هذه الملفات ببعضها

المحول الأول : أبعاده الخارجية $٨ \times ٢٥ \times ٣١$ مم . وصفائح من نوع الحديد النيكل رقم ٣٦ ، (وتركيبها الكيميائي هو ٣٦ ٪ نيكل و ٢ ٪ نحاس و ٨ ٪ منجنيز والباقي حديد نقي) . ويركب الملف حول الفرع الأوسط من الصفائح التي على شكل E وأبعاد الملف الداخلية هي $١٥ \times ٨ \times ٨$ مم أما أبعاده الخارجية فهي $١٥ \times ٢٣ \times ٢٣$ مم وينقسم السلك فيه إلى قسمين .

الملف الأول (١) ويشغل ثلث طول أسطوانة الملف ويعمل من سلك نحاسي معزول بالورنيش قطره ٠.٩ مم بعدد لفات قدرها ٢١٠٠ لفة بحيث تكون مقاومته للتيار المستمر = ٣٠.٠ أوم . والرقم التجاري لهذا السلك هو ٤٣ S.W.G. الملفان (ب + ج) ويحتلان الثلثين الباقيين من طول أسطوانة الملف ويمكن عزلهما عن الملف (١) بواسطة طبقة من الورق المقوى أو البلاستيك . ويلف هذان الملفان مع بعضهما باستخدام سلك مزدوج من النوع النحاسي المعزول (١٤) الترانزستور

بالورنيش وقطره ١٨ مم (رقعة التجارى هو S.W.G. ٢٧) وعدد اللفات من السلك المزدوج هو ٦٠٠ لفة وتبلغ مقاومة كل من الملفين ٢٨ أوم .

ويبلغ طول الملف الأول (١) حوالى ١٢٥ مترا أما الملفان الثانى والثالث فيبلغ طرلها معاً حوالى ٨٠ مترا . ويجب أن يلاحظ عند تثبيت المحول فى الجهاز وتوصيله بالدائرة الكهربائية أن يوصل أول الملف (ب) مع آخر الملف (ج) لينتجا وصلة وسطى .

المحول الثانى : أبعاده الخارجية ٤٠ × ٢٥ × ٣٥ مم وصفائحها من نوع الصلب السيليكوفى رقم ٢,٦ (وتركيبتها ٨ ٪ - ١,٨ ٪ سيليكون والباقي من ٩٩,٢ ٪ - ٩٨,٢ ٪ حديد) . ويوجد الملف حول الفرع المتوسط لهذه الصفائح وأبعاده الداخلية هى ١٠ × ١٠ × ٢٠ مم أما أبعاده الخارجية فهى ٣٠ × ٣٠ × ٢٠ مم .

ويجب أن يقسم طول الملف إلى ستة أقسام متساوية باستعمال قطع من الورق المقوى أو البلاستيك الرقيق ، ويشتمل كل قسم على عدد معين من اللفات ومن سلك ذى نوع خاص وسوف نرمر إلى هذه الأجزاء بالرموز (١) (ب) (ج) (د) (هـ) (و) بحيث تكون متتالية عند لفها على الاسطوانة العازلة وبعد أن يتم تركيبها توصل أطرافها حسب الرسم شكل (٨٧) .

والملفات (١ ، ج ، د ، و) متشابهة وكل منها يحتوى على ٢٠٤ لفات من سلك نحاسى معزول بالورنيش قطره ٢٨ مم (S.W.G. ٣١) وطول كل منها حوالى ١٥ مترا والملفان الباقيان وهما (ب ، هـ) متشابهان وكل منهما يحتوى على ٦٢ لفة من سلك نحاسى معزول بالورنيش قطره ٥٠ مم (S.W.G. ٢٥) وطول كل منهما حوالى ٦ أمتار .

وعند إتمام الفف توضع الصفائح فى وسط الملف بحيث تتبادل فى أوضاعها

بالنسبة لبعضها وتداخل لتكون قلباً كاملاً حول الملف . ويراعى أن لا يدخل أحد أطراف الأسلاك بين الصفائح وأن لا يتفتت أو يكشف العازل بين الصفائح عند إرجاعها إلى مكانها من المحول .

ثم تجرى عمليات التوصيل الآتية لإعداد المحولات :

- ١ - يوصل آخر الملف (١) بأول الملف (و) .
- ٢ - يوصل آخر الملف (و) بأول الملف (ج) وتصنع عند هذين الطرفين حلقة لتوصيل وصلة وسطى .
- ٣ - يوصل آخر الملف (ج) بأول الملف (د) .
- ٤ - يترك آخر الملف (د) دون توصيل .
- ٥ - يوصل آخر الملف (ب) مع أول الملف (هـ) ويترك طرفاهما الآخرين دون توصيل .

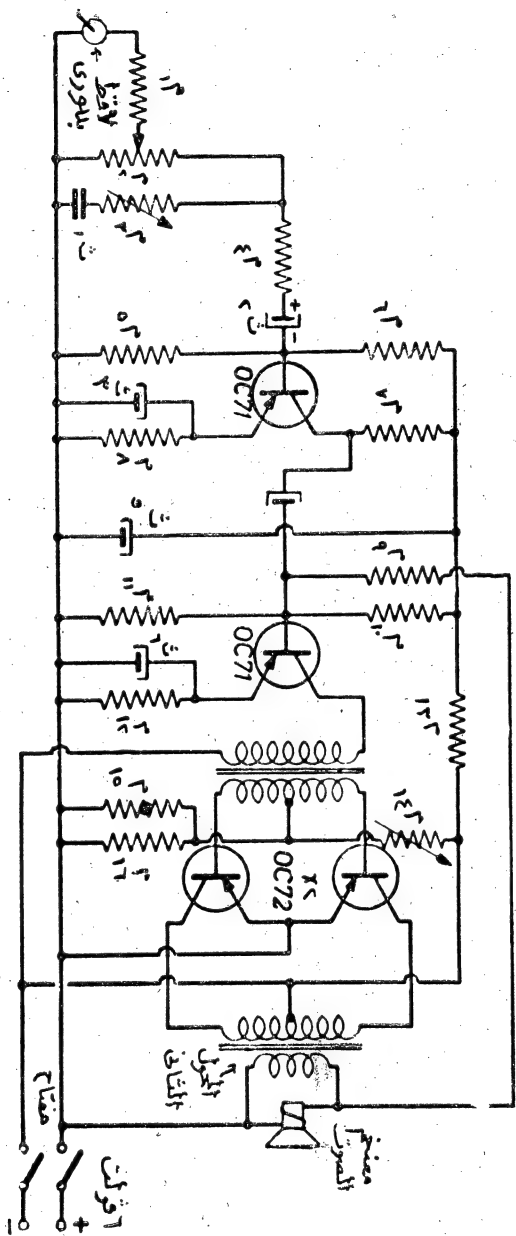
وبذلك يخرج من كل من المحولين خمسة أسلاك . اثنان للملف الابتدائي وثلاثة للملف الثانوي (منها وصلة وسطى) .

ولن يتكلف تركيب هذين المحولين إلا مبلغاً ضئيلاً إذا أمكن الحصول على الصفائح اللازمة لكل من محولين قديمين ثمهما لا يتجاوز ١٠ قروش . أما الأسلاك اللازمة لكل ، من المحولين فيبلغ ثمنها حوالى ١٥ قرشا وبذلك يتكلف المحولين ٢٥ قرشا .

والرسم شكل (٨٧) يوضح طريقة توصيل المحولين فى الدائرة الكهربية .

طريقة توصيل الدائرة :

- ١ - يوصل الطرف الموجب للبطارية بكل من الأطراف الآتية :
أنظر شكل (٨٨) .



شکل (۸۸)
 دائرة جهاز التيكبير ذي الاربعة ترانزستورات

- (١) أحد طرفي مضخم الصوت .
(ب) أحد طرفي الملف الثانوى للمحول الثانى (أحد الطرفين المرسلين من الملفين ب - أو - هـ) .

(ج) الطرفين الباعثين للترانزستورين من نوع OC71

(د) أحد طرفي المقاومة الثابتة ١٦م

(هـ) " " " " ١٥م

(و) " " " " ١٢م

(ز) " " " " ١١م

(ح) " " " " ٨م

(ط) " " " " ٤م

(ى) " " المكثف الثابت ١

(ك) الطرف الخارجى من المقاومة المتغيرة ٢م

(ل) سلك توصيل إلى الرأس البلورية للإذاعة .

(م) الأطراف المشار إليها بعلامة (+) على المكثفات ث٣، ث٤، ث٥ .

٢ - يوصل الطرف السالب للبطارية بكل من الأطراف الآتية :

(١) الطرف المتوسط من الملف الابتدائى للمحول الثانى ، وهو عبارة عن الوصلة الوسطى من آخر الملف د ، و ، إلى أول الملف ج ، هـ .

(ب) أحد طرفي الملف الابتدائى للمحول الأول (أحد طرفي الملف ١) .

(ج) أحد طرفي المقاومة الثابتة ١٣م .

(د) الطرف الخارجى من المقاومة المتغيرة ١٤م .

٣ - يوصل أحد طرفي المقاومة م_١ بالطرف المتوسط من المقاومة المتغيرة م_٢.

٤ - يوصل الطرف الأخير من المقاومة المتغيرة M_2 مع الطرف المتوسط والطرف الأخير للمقاومة المتغيرة M_3 بأحد طرفي المقاومة الثابتة M_1 .

٥ - يوصل الطرف الأول من المقاومة المتغيرة مم بالطرف الثاني من المكشف الثابت

٦ - يوصل الطرف الثاني من المقاومة م؛ بالطرف المشار إليه بعلامة (+) على المكشف ث.

٧ - توصل قاعدة الترانزستور الأول 0C71 بكل من :

(١) أحد طرفي المقاومة الثابتة م .

(ب) الطرف الثانى من المقاومة الثابتة م.

(ج) الطرف المشار إليه بعلامة (ـ) على المكشفت ٣.

٨ - وصل الطرف الثانى من المقاومة الثابتة R_2 بكل من :

(١) أحد طرفي المقاومة الثابتة v_m

(ب) » » » ۱.۴

(ج) الطرف الثاني من المقاومة ١٣٣

(د) الطرف المشار إليه بعلامة (-) على المكشف ث

٩ - يوصل الطرف المجمع للترانزستور الأول بكل من :

(۱) الطرف السالب للمكثف ث

(ب) الطرف الثاني من المقاومة م_٧

١٠ - يوصل الطرف الباعث للترانزستور الأول بكل من :

(أ) الطرف الثاني من المقاومة م_٨

(ب) » السالب للمكثف ث_٣

١١ - توصل قاعدة الترانزستور الثاني OC71 بكل من :

(أ) الطرف الموجب للمكثف ث_٤

(ب) » الثاني من المقاومة م_{١١}

(ج) » » م_{١٢}

(د) أحد طرفي المقاومة م_٩

١٢ - يوصل الطرف الآخر من المقاومة م_٩ بالطرف الآخر من مضخم الصوت والطرف الآخر للملف الثانوى من المحول الثانى .

١٣ - يوصل الطرف المجمع للترانزستور الثانى بالطرف الآخر من الملف الابتدائى للمحول الأول .

١٤ - يوصل الطرف الباعث للترانزستور الثانى OC71 بكل من :

(أ) الطرف السالب للمكثف ث_٦

(ب) الطرف الثانى من المقاومة م_{١٣}

١٥ - يوصل الطرف المتوسط للملف الثانوى للمحول الأول (طرف

اتصال الملفين ب ، ج) بكل من :

(أ) الطرف الثانى من المقاومة م_{١٥}

(ب) » » م_{١٦}

(ج) » المتوسط للمقاومة المتغيرة م_{١٤}

(د) » الأخير للمقاومة المتغيرة م_{١٤}

١٦ - توصل قاعدة أحد الترانزستورين الأخيرين (وهما من نوع OC72) بأحد الطرفين الخارجيين للملف الثانوى من المحول الأول . وقاعدة الترانزستور الثانى بالطرف الآخر من نفس الملف لهذا المحول .

١٧ - يوصل الطرف المجمع لأحد الترانزستورين الأخيرين (OC72) بأحد الطرفين الخارجيين للملف الابتدائى من المحول الثانى ، والطرف المجمع للترانزستور الثانى بالطرف الآخر من نفس الملف لهذا المحول .

وبهذا يكون توصيل أجزاء الجهاز قد تمت ولكن يجب أن نتذكر أن كلا من طرفى البطارية يوصلان بمفتاحين يمكن بواسطتهما إدخال التيار الكهربى فى الجهاز أو قطعه عنه .

شرح طريقة عمل هذا المكبر :

لقد صمم هذا الجهاز ليقوم بتكبير التيارات التى تنتج من رأس بللورية لإذاعة التسجيلات من الأقراص الشمعية (أسطوانات الجراموفون) ويصل جهد التيار الذى يدخل الجهاز بواسطة هذه الرأس إلى ٣ فرات ، وهو جهد كاف لأن يقوم الجهاز بعمله فى التكبير خير قيام . وتنقسم دائرة الجهاز إلى ثلاثة مراحل وهى مرحلة الدخول Input ومرحلة النقل Driver ومرحلة الخرج Output . فأما مرحلتا الدخول والنقل فهما مزودتان بترانزستورين من نوع OC71 وتحتوى مرحلة الخرج على زوج متوافق Matched Pair من الترانزستور من نوع OC72 . ويستخدم فى مرحلة الخرج نظرية الدفع والجذب Push - pull . وتوصيل مرحلة الخرج بهذا الشكل يحقق أحسن النتائج من استعمال البطارية ويعطى أكبر شدة للتيار يمكن الحصول عليها من الترانزستورين ، لأن شدة التيار الخارج من البطارية يتوقف على التغير (أو التعديل Modulation) الذى يحدث فى التيار الداخلى إلى الجهاز ،

ومهما كان هذا التغير صغيراً فإن آثاره تظهر مكبرة في التيار الخارج من البطارية .

وتتصل مرحلتا الدخول والنقل ببعضهما بواسطة مجموعة من المقاومات والمكشفات . ولهذا النوع من أنواع التوصيل ميزات كثيرة على توصيل هاتين المرحلتين بواسطة المحولات ، وضمن هذه المميزات قلة تكاليفها وحساسيتها للترددات المختلفة هذا بالرغم من أن قوة التحصيل تكون أقل منها عند استعمال المحولات .

أما مرحلة الدفع فهي متصلة بمرحلة الخروج بواسطة محول النسبة بين عدد لفات ملفيه الابتدائي والثانوي هي ٣,٥ : ١ + ١ ، وهي نسبة متوسطة صالحة للربط بين هاتين المرحلتين ربطاً قوياً .

وقد صمم محول الخروج بحيث يوافق مضخمات الصوت التي تحتوى على ملفات تبلغ مقاومة كل منها ٥ أوم . هذا وننصح باستعمال نوع جيد من مضخمات الصوت في هذا الجهاز .

وتوصل رأس الإذاعة البلورية إلى الجهاز خلال مقاومة ثابتة مقدارها ٣٣٠ ألف أوم ولو أن الطاقة التي تستهلكها هذه المقاومة من التيار الداخل تعتبر كبيرة جداً ، إلا أن وجود هذه المقاومة يوفر كثيراً من الفراغ الذي لا بد أن يشغله محول مناسب للتيار الداخل .

وتسبق مقاومة ضبط الصوت Volume Control مرحلة الدخول لكي لا يزيد التيار الداخل إلى الجهاز زيادة كبيرة تعرضه للتلف . أما ضابط النغم Tone Control فهو عبارة عن مقاومة متغيرة ومكشفت متصلين بدائرة الدخول يعملان على ترشيح التيار الداخل إلى الجهاز من الترددات العالية . ويمكن إستعمال مكشفت يوصل بين طرفي الملف الابتدائي أو بين طرفي

الملف الثانوى لحول الخروج وذلك لضبط النغم ، ولكن وجرد المكشف في هذه الدائرة قد يؤدي إلى نقص ممانعة الطرف المجمع لكل من الترانزستورين الآخرين مما يسبب زيادة كبيرة في شدة التيار الخارج منهما قد تتلف ملف مضخم الصوت .

وتعمل المقاومات المتصلة بأجزاء الدائرة المختلفة على تثبيت شدة التيار الذى يمر فى المراحل المختلفة للجهاز عند مقادير معينة لا بد من الوصول إليها ليقوم الجهاز بعمله خير قيام ، لذلك وصلت عدة مقاومات بين طرفى البطارية وقاعدة الترانزستور الأول وطرفه الباعث بحيث صارت شدة التيار المار فى الطرف الباعث له ٤ مللى أمبير . ووصل كذلك عدد من المقاومات بين طرفى البطارية وقاعدة وباعث الترانزستور الثانى بحيث صارت شدة التيار فى طرفه الباعث ٢ مللى أمبير . وباستخدام مقاومة متغيرة (١٤م) موصلة فى مرحلة الخروج بالتزانستورين الآخرين OC72 يمكن تغيير قيمة شدة التيار المار فى الطرف المجمع لكل منهما بحيث تصبح ١,٥ مللى أمبير ويقوم كل من المكشف (١٣م) والمقاومة (ث) بمنع إعادة التغذية الموجبة من مرحلة الخروج إلى مرحلة التكبير الأولى حتى لا يحدث تشويش فى الصوت الناتج من الجهاز .

ويستخدم فى هذا الجهاز مقاومة ذات معامل حرارى سالب* توصل بين الطرف الموجب للبطارية والقاعدة المشتركة لكل من

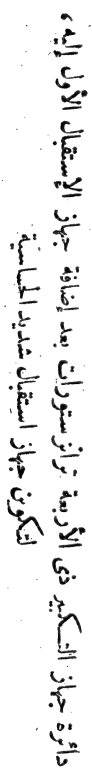
* إذا مر تيار فى سلك فانه يلقى مقاومة لمروره عند درجة الحرارة العادية ، وتزداد هذه المقاومة كلما ارتفعت درجة حرارة السلك . وقد وجد أن بعض السبائك المعدنية تقل مقاومتها عند ارتفاع درجة حرارتها مما يزيد من شدة التيار الذى يمر فيها . وقد استخدمت هذه الأسلاك فى صناعة تركيب يقوم بعملية تنظيم شدة التيار الذى يمر فى دائرة كهربية عند تغير درجة الحرارة . ويسمى هذا الجهاز بالمنظم الحرارى أو المقاومة ذات المعامل الحرارى السالب أو الترمستور . وقد سبق ذكره فى باب سابق .

الترانزستورين الآخرين، وهى تقوم بمعادلة أثر التغير الذى يحدث فى درجات الحرارة الخارجية على شدة التيار المار فى الترانزستورين OC 72. ونظرا لكبر قيم المقاومات المستعملة فى هذا الجهاز والتي تتصل بكل من الترانزستورين الأولين (OC 71) فإن التغيرات فى درجة الحرارة الخارجية لن تسبب تغيرات تذكر فى التيار المار فيهما بحيث تلزم معالجة أثر هذه التغيرات باستعمال المنظمتان الحرارية .

ويحدث فى معظم أجهزة التكبير أو الاستقبال التى يستخدم فيها الترانزستور تشويش ينتج عن التغيرات الفجائية لشدة التيار فى كل من مرحلتى النقل والخروج . وقد وصلت المقاومة م_٩ وقيمتها ١٠٠ ألف أوم بين الملف الثانوى لمحول الخروج وقاعدة الترانزستور الثانى لإعادة تغذيته بمقدار مناسب من التيار الخارج حتى يزول التشويش فى مرحلة الخروج، وتسمى طريقة التوصيل هذه بإسم إعادة التغذية السالبة .

وقد أمكن الجمع بين الجهاز الأول (راديو ترانزستور فى حجم علبة الكبريت) مع هذا الجهاز المكبر للحصول على جهاز استقبال (شكل ٨٩) رائع ذى حيز صغير وجودة بالغة وحساسية فائقة ويمكنه إستقبال محطات الموجة المتوسطة دون الحاجة إلى توصيل سلك الهوائى فى الجهاز الأول بهوائى خارجى بل إن إستعمال قطعة من السلك طولها قدمين قد أعطت نتائج حسنة فى استقبال المحطات المحلية .

ويتم الجمع باستبدال سماعة الأذن فى جهاز الإستقبال، الصغير بالملف الابتدائى (ذى المقاومة الكبيرة) لمحول خافض للجهد نسبة لفاته ١٠ : ١ أو ٥ : ١ ، وهو من نوع المحولات المستخدمة فى المراحل المتوسطة لأجهزة الإستقبال العادية، ويمكن الحصول على الكثير من هذا النوع من سوق مخلفات الجيش ولا يزيد ثمنه على خمسة قروش . أما الملف الثانوى لهذا



شکل (۸۹)

المحول (ذى المقاومة الصغيرة) فيوصل في مكان رأس الإذاعة أو اللاقط البلورى Crystal Pick-up المتصلة بجهاز التكبير .

ويمكن مع ذلك إستبدال مقاومة الدخول في جهاز التكبير (م) ومقدارها ٣٣٠ ألف أوم بمقاومة ذات قيمة أصغر (حوالى ١٠٠ ألف أوم) للحصول على صوت أعلى من الجهاز . ويجب أن لا تقل قيمة هذه المقاومة عن هذا المقدار حتى لا يكون التيار الذى يدخل الجهاز كبيراً فيعرضه للتلف .

ولقد استخدم جهاز التكبير السابق في إعادة إذاعة بعض التسجيلات من شريط مغنطيسى وذلك باستبدال رأس إذاعة الجراموفون برأس إذاعة التسجيلات من الشريط مباشرة دون أية مراحل تكبير في الوسط ، ومن المدهش أنه بالرغم من قلة التيار الذى ينتج في هذه الرأس بالنسبة للتيارات التى تنتج في رأس إذاعة التسجيلات البلورية بمقدار كبير ، فإن الصوت الذى نتج في السماعه من جهاز التكبير كان واضحاً قوياً .



أجهزة مساعدة السمع

جهاز مساعد للسمع ذو ثلاث ترددات

هذا الجهاز يستخدم للتكبير ، وهو ذو حساسية فائقة وحجم صغير جداً واستهلاك ضئيل للتيار ، ويمكن وضعه في الجيب الداخلى للجاكيت ويوصل بساعة صغيرة تثبت في الأذن وميكروفون صغير يمكن وضعه في عروة الجاكيت . وقد صمم هذا الجهاز لمساعدة ذوى السمع الضعيف على إلتقاط الأصوات الخارجية بوضوح يعوضهم النقص في حساسية آذانهم لهذه الأصوات .

الأدوات : الأدوات اللازمة للجهاز هي :

أولا - المقاومات :

مقاومة ثابتة م ١	= ١٢٠ أوم
مقاومة ثابتة م ٢	= ٦٨٠ أوم
مقاومة ثابتة م ٤	= ١٥٠٠ أوم
مقاومة ثابتة م ٦	= ٢٢٠ أوم
مقاومة ثابتة م ٧	= ١٨٠ أوم
مقاومة ثابتة م ٨	= ١٨٠٠ أوم
مقاومة ثابتة م ١٠	= ٢٧٠ أوم
مقاومة ثابتة م ١١	= ٢٩٠٠ أوم
مقاومة ثابتة م ١٢	= ١٢٠ أوم
مقاومة ثابتة م ١٤	= ١٠ أوم
مقاومة ثابتة م ١٥	= ١٢٠ أوم

(وتختلف قيمة المقاومة الأخيرة م ١٥ كما سيأتى ذلك .) ويبلغ ثمن المقاومة

الثابتة من المقاومات السابقة ١,٥ قرشاً ، وهى من النوع الذى يمكنها تحمل قدرة كهربية قدرها $\frac{1}{4}$ واط . ويمكن استخدام المقاومات من النوع الذى يتحمل قدرة كهربية قدرها $\frac{1}{4}$ واط دون خوف من حدوث أى احتراق لإحداها نظراً لصغر النيارات الكهربائية التى تمر بها .

وهناك مقاومتان متغيرتان م ومقدارها من ٣٠٠ — ٥٠٠٠٠٠ أوم والآخرى م ومقدارها من ٨٠٠٠ — ٣٠٠٠٠٠ أوم وثن الواحدة يتراوح بين ٢٠ ، ٢٠ قرش .

أما المقاومة م فهى من النوع ذى المعامل الحرارى السالب N. T. C. ومقدارها ٢٢٠٠ أوم عند ٢٥ °م وثنها حوالى ١٠ قروش ، والمقاومة م من نفس النوع (N. T. C.) ومقدارها ١٥٠٠ أوم عند ٢٥ °م .

ثانياً : المكشفات :

يلزم للجهاز :

مكثف ثابت السعة ث = ١٠ ميكروفاراد

» » ث = ١٠ » » »

» » ث = ١٠ » » »

» » ث = ١٠ » » »

» » ث = ١٠ » » »

» » ث = ٨ » » »

وكلاهما تعمل عند جهد كهربى أقصاه ٦ فولت . وثن المكثف منها ١١ قرشاً .

ثالثاً : المحولات :

ويستخدم فى هذا الجهاز محولان للتردد المنخفض :

المحول الأول :

وأبعاده الخارجية هي : $٤٠ \times ٢٥ \times ٣٥$ ملليمتر .
وأبعاد الفراغ في أسطوانة الملف : $١٠ \times ١٠ \times ٢٠$ ملليمتر .
والأبعاد الخارجية لأسطوانة الملف : $٢٠ \times ٣٠ \times ٢٠$ ملليمتر .
ويحتوى على ثلاث ملفات :

(أ) الملف الابتدائى وهو من سلك نحاس معزول بالورنيش قطره ٠.٤٥ مم ورقمه S. W. G. ٤٧ وعدد لفاته ٢٧٠٠ لفة وحته ٧,٢ هنرى عند ما تكون شدة التيار المار فيه ٥, مللى أمبير ، ومقاومته للتيار المستمر ٨٦٠ أوم .
(ب) الملف الثانوى وهو يتكون من ملفين منفصلين يصنع الأول من سلك نحاس معزول بالورنيش قطره ٠,٦ مم ورقمه S. W. G. ٤٥ وعدد لفاته ٦٠٠ لفة ومقاومته للتيار المستمر ٣٠٠ أوم . أما الملف الثانوى الثانى فيصنع من سلك نحاس معزول بالورنيش قطره ١ مم ورقمه S. W. G. ٤٢ وعدد لفاته ٦٠٠ لفة .

المحول الثانى :

أبعاده الخارجية $٤٠ \times ٢٥ \times ٣٥$ ملليمتر .
أبعاد فراغ الملف $١٠ \times ١٠ \times ٢٠$ ملليمتر .
أبعاد الملف الخارجية $٣٠ \times ٣٠ \times ٢٠$ ملليمتر .

وهو من نوع المحولات الذاتية ويحتوى على ملفين متصلين .

الملف الأول : (الابتدائى س_١) ويصنع من سلك نحاس معزول بالورنيش قطره ٠,٤٥ مم ورقمه S. W. G. ٤٧ وعدد لفاته ٢١٧٨ لفة ومقاومته للتيار المستمر ٦٥٠ أوم .

الملف الثانى : (الثانوى س_٢) ويصنع من سلك نحاس معزول بالورنيش قطره ٠,٤ مم ورقمه S. W. G. ٤٨ وعدد لفاته ٦٢٢ لفة ومقاومته للتيار المستمر ١٢٠ أوم ويلاحظ أنه بعد إتمام لف الملف الأول س_١ يلحم طرفه

بسلك رقمه ٤٨ S. W. G. ويصنع عندها سلك لتوصيل هذه النقطة بالدائرة الكهربية ثم يلف الملف الثانى (س) فوق الملف الأول .
وأما حث الملفين معاً فيصل إلى ٨,٦ هنرى عند ما تكون شدة التيار المار فيهما ٥,٥ مللى أمبير .

رابعاً : الميكروفون : من النوع المغناطيسى .

مقاومته للتيار المستمر ٢٠٠ أوم .

وممانعته للتيار ١٠٠٠ أوم (عند ما يكون التردد ١٠٠٠ ذبذبة فى الثانية) .

خامساً : السماعة : من النوع المغناطيسى .

مقاومتها للتيار المستمر ٩٠ أوم .

وممانعتها للتيار ٢٧٠ أوم (عند ما يكون التردد ١٠٠٠ ذبذبة فى الثانية)
ويمكن شراء الميكروفون من توكيل شركة فيليبس أو مولارد بالقاهرة وثمان الميكروفون ثلاثة جنيهات وثمان السماعة جنيه ونصف .

ويمكن صناعة المحولين بالمنزل بتكاليف لا تزيد عن ٢٠ قرشاً ويمكن الحصول على الصفائح اللازمة للمحولين من أى جهاز راديو قديم أو من مخلفات الجيش بثمان لا يزيد على ١٠ قروش .

سادساً : الترانزستورات :

يلزم للجهاز ثلاثة ترانزستورات إثنان منها من نوع OC 70 والثالث OC 71 والقارىء يعرف الثمن ومكان البيع .

أما مفتاح التوصيل اللازم للجهاز فيمكن الحصول عليه من محلات بيع أدوات الراديو ويبلغ ثمنه ٢٠ قرش وهو من النوع ذى الثلاثة أطراف .

سابعاً : مصدر التيار : عبارة عن عمود كهربى ١ ١/٢ فولت من الحجم الصغير .

طريقة توصيل الدائرة

أنظر شكل (٩٠)

١ — يوصل الطرف المربج للعمود الكهربى بالطرف المتحرك للمفتاح .

٢ — يوصل الطرف المتوسط للمفتاح بكل من النقط الآتية :

(أ) الطرف الباعث للترانزستور الثالث OC71 .

(ب) أحد طرفى المقاومة م١٠٠ .

(ح) أحد طرفى المقاومة م١٠٠ .

(د) أحد طرفى المقاومة م٨٢ .

(هـ) أحد طرفى المقاومة م١٠٠ .

(و) أحد طرفى المقاومة م١٠٠ .

(ز) أحد طرفى المقاومة م١٠٠ .

٣ — يوصل الطرف السالب للعمود الكهربى بالنقط الآتية :

(أ) أحد طرفى المقاومة م١٠٠ .

(ب) الطرف الخالص للملف (١) من المحول الثانى .

(ح) أحد طرفى المقاومة م١١٠ .

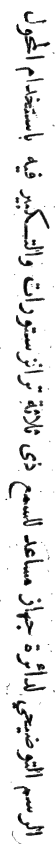
(د) أحد طرفى المقاومة — الملف الثانوى الثانى (٣) من

المحول الأول .

(هـ) أحد طرفى الملف الابتدائى (١) من المحول الأول .

(و) أحد طرفى المقاومة م١٠٠ .

٤ — يوصل الطرف الثانى من المفتاح بالقطب الموجب للمكثف ث١ .



(۹۰) کتب

٥ - يوصل الطرف السالب من المكشف ث_١ مع أحد طرفي السماعة بالطرف المجمع للترانزستور الثالث OC71 .

٦ - يوصل الطرف الآخر للسماعة بكل من :

(١) أحد طرفي المقاومة م_{١٥} .

(ب) أحد طرفي المقاومة المتغيرة م_{١٣} .

(ج) الطرف الموجب للمكشف ث_١ .

٧ - توصل قاعدة الترانزستور الثالث OC71 بكل من :

(١) الطرف المتحرك والطرف الخالص الآخر من المقاومة المتغيرة م_{١٣} .

(ب) الطرف الموجب للمكشف ث_١ .

٨ - يوصل الطرف السالب للمكشف ث_١ بكل من :

(١) الطرف الثاني من المقاومة م_{١٤} .

(ب) الطرف الثاني من المقاومة م_{١٥} .

(ج) أحد طرفي المقاومة م_{١٣} .

٩ - يوصل الطرف الآخر من المقاومة م_{١٣} بالطرف الآخر من الملف الثانوى الثانى (٣) للمحول الأول .

١٠ - يوصل الطرف السالب للمكشف ث_١ بالوصلة الوسطى للملفين (٢، ١) من المحول الثانى .

١١ - يوصل الطرف الخالص من الملف (٢) للمحول الثانى بالطرف المجمع للترانزستور الثانى OC70 .

١٢ — يوصل الطرف الباعث للترانزستور الثانى OC 70 بكل من :

(أ) الطرف الموجب للكشف ث_٣ .

(ب) الطرف الثانى من المقاومة م_{١٠} .

١٣ — يوصل الطرف السالب من المكثف ث_٣ بكل من :

(أ) الطرف الثانى من المقاومة م_٩ .

(ب) الطرف الثانى من المقاومة م_٨ .

(ح) الطرف الثانى من المقاومة م_{١١} .

(د) أحد طرفى الملف الثانوى الأول (٢) من المحول الأول .

١٤ — يوصل الطرف الثانى من الملف الثانوى الأول (٢) من المحول

الأول بقاعدة الترانزستور الثانى OC 70 .

١٥ — يوصل الطرف المجمع للترانزستور الأول OC 70 بكل من :

(أ) الطرف الثانى من الملف الابتدائى للمحول الأول .

(ب) أحد طرفى المقاومة المتغيرة م_٢ .

١٦ — يوصل الطرف الثابت الآخر من المقاومة المتغيرة م_٢ بكل من :

(أ) أحد طرفى المقاومة م_٣ .

(ب) أحد طرفى الميكروفون .

١٧ — يوصل الطرف المتحرك من المقاومة المتغيرة م_٢ بالطرف السالب

من المكثف ث_١ .

١٨ — يوصل الطرف الموجب للكشف ث_١ بكل من :

(أ) قاعدة الترانزستور الأول .

(ب) الطرف الثانى من المقاومة م_٣ .

١٩ — يوصل الطرف الباعث للتوازنستور الأول OC70 بأحد طرفي المقاومة م_٧.

٢٠ — يوصل الطرف الآخر من المقاومة م_٧ بكل من :

(١) الطرف الموجب للكشف ث_٣.

(ب) » الآخر من المقاومة م_٦.

٢١ — يوصل الطرف السالب للكشف ث_٣ بكل من :

(١) الطرف الثاني من المقاومة م_٧.

(ب) » » » م_٥.

(ج) » » » م_٤.

(د) » » » الميكروفون.

ويمكن توصيل هذه الأجزاء بعد تثبيتها على لوحة صغيرة من البلاستيك أو القير أو الورق المقوى ثم يوضع الجهاز مع العمود الكهربى داخل علبة مناسبة الحجم من البلاستيك ولن تزيد أبعاد الجهاز بعد تمام تركيبه عن ١٠×٧×٣ سم ويقوم الجهاز باستهلاك ٦,٤ مللى أمبير وهى كمية ضئيلة جداً من التيار بحيث يمكن للعمود الجاف أن يستمر فى عمله فى الجهاز مدة تقرب من ٤ شهور دون أن يعثره أى ضعف فى شدته .

الأسس النظرية التى توضح عمل الجهاز :

يتم التكبير فى هذا الجهاز بتوصيل مراحل المختلفة بمحول مناسب ، وفى هذا الجهاز توجد ثلاث مراحل للتكبير، وذلك باستخدام المحول الأول لربط المرحلة الأولى بالمرحلة الثانية ، واستخدام المحول الثانى فى ربط المرحلة الثانية بالمرحلة الأخيرة . وبالرغم من أن استخدام المحولات فى هذا الجهاز يؤدى

إلى نقص قوة التحصيل الكلية ، إلا أن هذه المحولات تعمل على أن يظل الجهاز شديد الحساسية مع استخدام جهد منخفض (١,٢ فولت) .
وبالنسبة للمحول الذاتي الثاني المستخدم لربط مرحلة الدفع بمرحلة الخروج فقد وجد أنه يعطى نتائج أحسن بكثير من ناحية الصوت وقوة تحصيل أكبر منها عند استخدام ملفين منفصلين في المحول .
ونظراً لحساسية الترانزستورات المستخدمة في هذا الجهاز بالنسبة للتغيرات الفجائية التي تحدث في درجات الحرارة الخارجية فقد وصلت كل من مرحلتى الدخول والدفع بمنظم حرارى (ثرمستور أو مقاومة ذات معامل حرارى سالب) . وقد سبق أن عرفنا كيف يقوم هذا الجزء بعمله في الجهاز السابق .

وقد استغلت ظاهرة إعادة التغذية السابقة * . في كل مراحل الجهاز الثلاث الدخول والدفع والخروج . وبالرغم من أن هذه العملية تساعد على تثبيت قوة التحصيل الناتجة من جميع مراحل الجهاز إلا أن هذا التحصيل يتغير تغيراً صغيراً بتغيرات درجة الحرارة وجهد العمود الكهربى والاختلافات في خصائص الترانزستور ومقاومة أجزائه المختلفة بعد صناعته .
وتبلغ شدة التيار المسار خلال الطرف الباعث للترانزستور الأول ٥,٥ مللى أمبير . وللترانزستور الثانى ٣,٥ مللى أمبير . وقد رتبنا المقاومات في

* تتم إعادة التغذية بأخذ جزء من التيار الخارج من الترانزستور وإرجاعه إلى دائرة الدخول لنفس الترانزستور فإذا كان الفرق في الطور بين جهد التيار المعاد إلى القاعدة وجهد التيار الأصيل الداخلى إلى القاعدة نصف موجه سميت إعادة التغذية سالبة Degenerative, Negative Feedback . أما إذا كانت متفقين في الطور سميت إعادة التغذية موجبة Regenerative, Positive Feedback . وفي إعادة التغذية السالبة يعمل الجهد المعاد إلى قاعدة الترانزستور على مقاومة الجهد الأصيل للإشارة الداخلة إليها وبذلك يقل الفرق في الجهد بين القاعدة والطرف الباعث مما يؤدي إلى إمكان زيادة جهد الإشارة الداخلة بدرجة كبيرة دون حدوث تلف لأجزاء الترانزستور . وتصبح حساسية الترانزستور ناتجة لجميع التيارات ذات الترددات المختلفة التي يعمل عندها هذا الترانزستور .

الدائرة في هاتين المرحلتين حتى يمكن الحصول على القيم السابقة لشدة التيار في كل من الترانزستورين وتقوم كل من المقاومتين ذات المعامل الحرارى السالب بمعادلة تأثير التغيرات في درجة الحرارة الخارجية على الجهد بين الطرف الباعث والطرف المجمع لكل من الترانزستورين .

وتصل شدة التيار الذى يخرج من الترانزستور الأخير OC 71 الموصل في مرحلة الخروج إلى ٣ مللى أمبير ، ويمكن تغيير هذه القيمة باستخدام مقاومة متغيرة تتراوح بين ٨٠٠٠ ، ٢٠٠٠٠ أوم . وقد استعملت مقاومة أخرى في هذه المرحلة م_{١٥} لضبط قدرة التيار الذى يخرج من الترانزستور الأخير ليلائم السماعه المستخدمة مع هذا الجهاز . ويمكن تغيير قيمة هذه المقاومة الثابتة من صفر إلى ١٢٠ إلى ٣٩٠ إلى ١٠٠٠ أوم عندما يراد إخراج قدرة كهربية تبلغ ١،٢ ، ٢،٥ ، ٥،٠ مللى واط على الترتيب . وتوصل هذه المقاومة م_{١٥} بين طرف المقاومة المتغيرة والمقاومة م_{١٤} وبذلك تظل قدرة التيار الخارج ثابتة مهما تغيرت قيمة م_{١٥}

وتصل ممانعة سماعه الأذان اللازمة لهذا الجهاز إلى ٢٧٠ أوم عندما يبلغ تردد التيار المار فيها ١٠٠٠ ذبذبة في الثانية . وهذه القيمة مناسبة للقدرة التى تخرج من الجهاز ، ويمكن تعديل حساسية الجهاز للتردد بواسطة المكثف الموصل بدائرة الطرف المجمع للترانزستور الأخير OC 71 . ويمكن وضع ضابط للنغم في مكان هذا المكثف .

ويستخدم لضبط الصوت من حيث علوه وانخفاضه مقاومة متغيرة تتراوح قيمتها بين ٣٠٠٠٠٠ ، ٥٠٠٠٠٠ أوم . ووجود هذه المقاومة المتغيرة في طريق دخول التيار من الميكروفون المغناطيسى يقلل من التشويش والأصوات غير المرغوبة التى تنتج من اقتراب مصدر الصوت من الميكروفون أو علو الصوت الذى يصدر بجانبه .

وبذلك نستغنى تماما عن توصيل الميكروفون بمرحلة الدخول خلال محول رافع للجهد مثل المحول الذى يستخدم مع كل الميكروفونات المغناطيسية التى تستعمل مع أجهزة التكبير ذات الصمامات الالكترونية .

وبفضل المقاومة الثابتة من الموصلة بين أحد طرفي الميكروفون وقاعدة الترانزستور الأول يصبح الجهاز حساسا بالنسبة للأصوات ذات التردد العالى .



أجهزة الإرسال

جهاز إرسال بللورى به ترانزستور واحد

يمكن لهذا الجهاز إرسال موجات لاسلكية معدلة تحمل الأصوات إلى أجهزة استقبال بعيدة . ويبلغ مجال عمل هذا الجهاز حوالى ٣٠ - ٦٠ مترا ويمكن زيادة هذا المدى بإضافة مرحلة أو مرحلتين من مراحل التكبير . ويشغل هذا الجهاز بطارية قوتها الدافعة الكهربائية ٣ فولت فقط . ويحتوى الجهاز على ترانزستور واحد يستعمل كـكبير فى دائرة تردد عال .

الأدوات اللازمة للجهاز وأثمانها وأماكن الحصول عليها :

- ١ - قطعة من الألومنيوم سمكها $\frac{1}{16}$ من البوصة وطولها ٤ بوصات وعرضها بوصتان ويبلغ ثمنها ٥ قروش وتوجد فى محلات بيع الأدوات الحديدية .
- ٢ - قطعة أخرى من الألومنيوم سمكها $\frac{1}{16}$ من البوصة وطولها بوصتان وعرضها بوصة وثمانى قرشان .
- ٣ - عمودان جافان القوة الدافعة لكل منهما $\frac{1}{16}$ فولت وثمانى قروش .
- ٤ - ستة مسامير (قلاووظ مع صواميلها) وثمانى قرشان .
- ٥ - قطعة من الفيبر مثبت فيها ثلاث نقط توصيل وثمانى قرشان .
- ٦ - فيش وبريزة توصيل وثمانى عشرة قروش .
- ٧ - مفتاح وثمانى ١٢ قرشا .
- ٨ - محول خروج وثمانى ٢٥ قرشا .
- ٩ - ملف ذو قلب حديدى من الملفات المستخدمة فى دوائر الاستقبال للهوجة المتوسطة .

- ١٠ - ترانزستور من الأنواع المستخدمة للتردد العالى .
ويمكن استخدام أحد الترانزستورات الآتية : -
(١) ترانزستور من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة السالبة الموجبة
السالبة 2N 233 .
(ب) ترانزستور من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة السالبة الموجبة
السالبة 2N 170 .
(ج) ترانزستور من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة
الموجبة OC 71 .
(د) ترانزستور من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة
الموجبة OC 70 .
ويجب مراعاة عكس توصيل البطارية المبيّنة بالرسم عند استعمال
ترانزستور من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة الموجبة ، إذ أن
الرسم مصمم على استخدام ترانزستور من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة
السالبة الموجبة السالبة . وثمن الترانزستور يتراوح بين ١٧٧ ، ٢١٠ قروش .
١١ - مكشافان ث ، ث ، ثابتى السعة كل منهما ٧٥ ميكروفاراد (قرص
أو اسطوانة) معزول بالصينى وثمنه ٣ قروش .
١٢ - مكشف ثابت السعة ث ، سعة ٠.٠١ ، ميكروفاراد (قرص
معزول بالصينى) وثمنه ٣ قروش .
١٣ - مكشف ثابت السعة ث ، سعة ٠.٢ ، ميكروفاراد (قرص معزول
بالصينى) وثمنه ٤ قروش .
١٤ - مقاومة ثابتة م ، مقدارها ٥٠٠٠ أوم (١/١٠ واط) وثمنها ١ ١/٢ قرشا
١٥ - مقاومة ثابتة م ، مقدارها ١٠٠٠٠ أوم (١/١٠ واط) وثمنها
١ ١/٢ قرشا .

١٦ - مقاومة ثابتة ٣٣ ومقدارها ١١٠٠٠ أوم (١/٣ واط) وثمنها ١١/٣ قرشا .

١٧ - كرة مجوفة من البلاستيك ويمكن الحصول عليها من شركة البلاستيك الأهلية وقطرها ٦ بوصات وثمنها ٢٥ قرشا .

١٨ - أربع إبر تريكو من النوع المصنوع من الألومنيوم وطول كل منها ٧ بوصات وقطرها ١/٣ بوصة وثمن الواحدة قرشان .

١٩ - ميكروفون حبيبي وثمنه ١٥ قرشا ويباع في أماكن بيع مخلفات الجيش ويستحسن استخدام النوع الذى يوجد داخل غلاف أسود من البكاليت وبه ضاغط يضغط عليه عند استعمال الميكروفون بتوصيله بالدائرة الكهربائية .

طريقة توصيل الدائرة الكهربائية للجهاز وما يجب مراعاته لذلك :

الدائرة المستخدمة فى هذا الجهاز بسيطة ، وشكل (٩١) يوضح طريقة توصيل الأجزاء المختلفة للجهاز وأماكن هذه الأجزاء بالنسبة لبعضها .

أما توصيل الأجزاء فهو كالآتى : -

١ - تعد القاعدة المعدنية بالطريقة والأبعاد المبينة بالرسم شكل (٩٢) ، ب .

٢ - يوصل أحد طرفى الميكروفون بأحد طرفى الملف الثانوى لمحول الخروج (ذى المقاومة الصغيرة) .

٣ - يوصل الطرف الآخر للميكروفون بالقاعدة المعدنية .

٤ - يوصل الطرف الآخر للملف الثانوى لمحول الخروج بأحد طرفى الملف الابتدائى للمحول (ذى المقاومة الكبيرة) مع الأطراف الآتية : -

(١) القطب الموجب للبطارية .

(ب) أحد طرفي المقاومة الثابتة ١١٠٠٠ أوم (م) ،

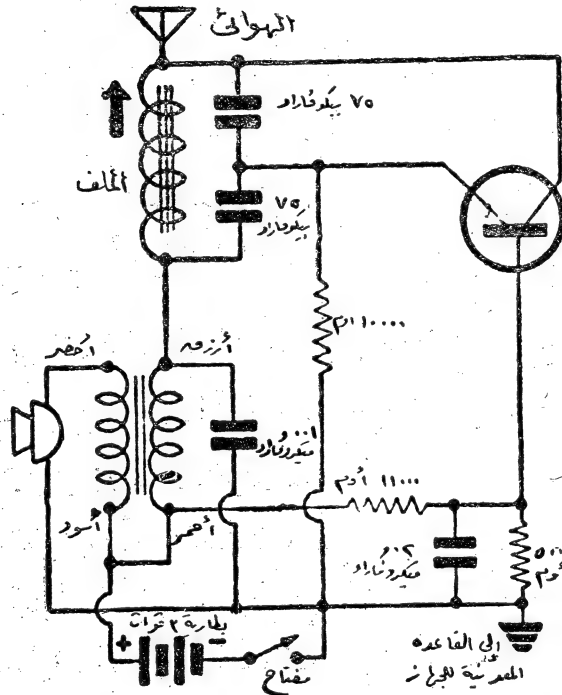
٥ - يوصل الطرف الآخر للملف الابتدائي لمحول الخروج بكل

مما يأتي : -

(١) أحد طرفي ملف التوليف .

(ب) أحد طرفي المكثف ث_٣

(ج) أحد طرفي المكثف ث_٣



شكل (٩١)

طريقة توصيل الأجزاء المختلفة لجهاز الإرسال وأماكن هذه الأجزاء بالنسبة لبعضها

ث_١ المكثف العلوي ٧٥ بيكوفاراد ، ث_٢ المكثف السفلي ٧٥ بيكوفاراد

ث_٣ = ٠.٠١ ميكروفاراد ، ث_٤ = ٠.٢ ميكروفاراد .

٦ — يوصل الطرف الآخر للملف التوليف بكبل من :

(١) سلك الهوائى .

(ب) أحد طرفى المكثف ث_١ .

(ج) الطرف المجمع للترانزستور .

٧ — يوصل الطرف الباعث للترانزستور بكبل من :

(١) الطرف الآخر من المكثف ث_١

(ب) الطرف الآخر من المكثف ث_٢

(ج) أحد طرفى المقاومة م_٣

٨ — توصيل قاعدة الترانزستور بكبل من :

(١) أحد طرفى المقاومة م_١

(ب) أحد طرفى المكثف ث_٤

(ج) الطرف الآخر من المقاومة م_٣

٩ — يوصل القطب السالب للبطارية بأحد طرفى المفتاح .

١٠ — يوصل الطرف الآخر للمفتاح بكبل من : —

(١) الطرف الآخر للمقاومة م_١

(ب) الطرف الآخر للمكثف ث_٤

(ج) الطرف الآخر للمقاومة م_٣

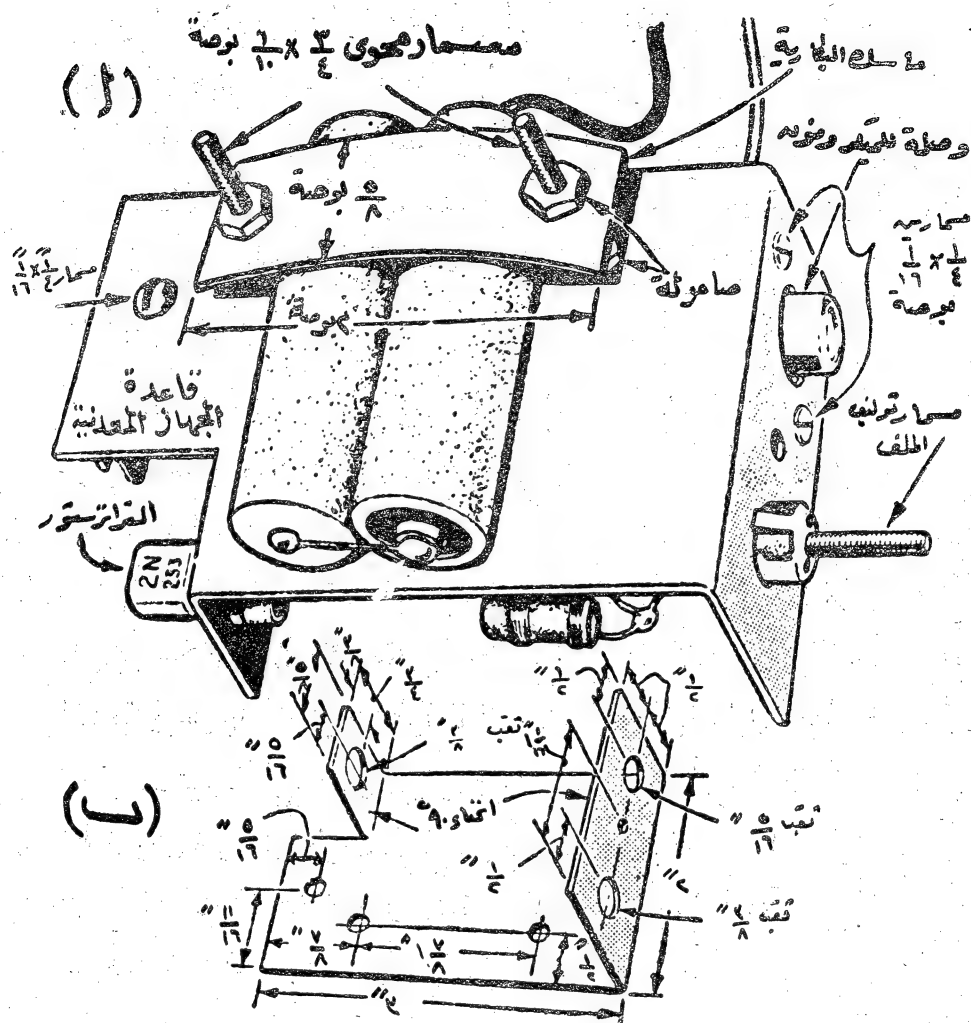
(د) الطرف الآخر من المكثف ث_٣

(هـ) القاعدة المعدنية للجهاز (الشاسية) .

ويلاحظ ما يلى :

١ — هذه الدائرة شكل (٩١) تمثل كيفية استخدام الترانزستور لإحداث

الاهتزاز بحيث ينتج موجات لإرسالها خلال الهوائى وتحمل بالموجات



شکل (۹۲)

طريقة إعداد القاعدة المعدنية للجهاز وأبعادها

الصوتية بالتوصيلة المبينة بالرسم وذلك بإدخال الملف ذى المقاومة الكبيرة لمحول من محولات الخروج على التوالي مع طرفى الملف المهتز الموصل بالبطارية ، أما الملف الآخر للمحول وهو ذو المقاومة الصغيرة فيوصل بميكروفون حبيبي كالمستخدم فى أجهزة التليفون . ويمر فى هذا الميكروفون تيار كهربى من نفس البطارية التى تغذى جهاز الإرسال كله بالتيار الكهربى

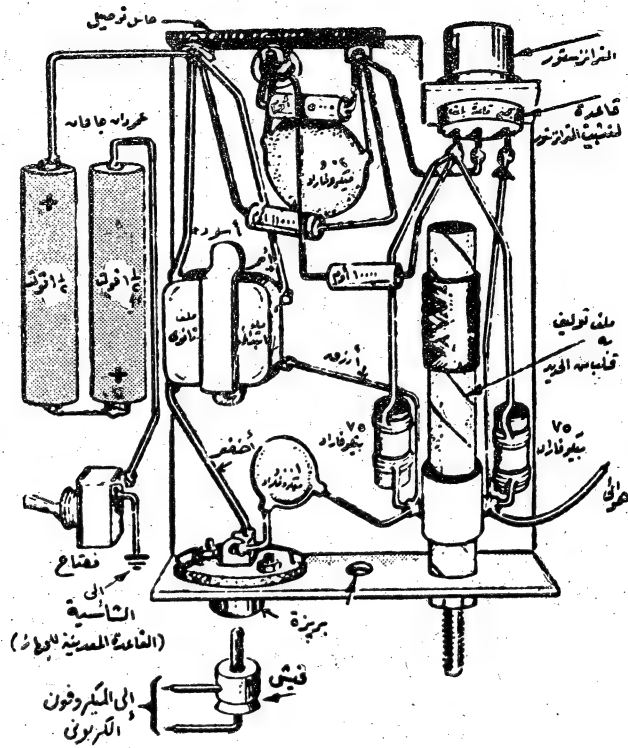
وسبب استخدام ميكروفون حبيبي كربوني هو أن التيار الذي يخرج منه كبير جداً وذو جهد عالٍ يعادل مئات المرات قدر التيار والجهد الخارجين من الميكروفونات البللورية أو المغناطيسية التي لا يصلح استخدامها إطلاقاً في هذه الدوائر لأسباب عديدة ليس أقلها شأناً سهولة الحصول على الميكروفونات الحبيبية ورخص ثمنها بالنسبة للأنواع الأخرى من الميكروفونات .

٢ — القاعدة اللازمة لتثبيت فيها أجزاء هذه الدائرة عبارة عن قطعة من الألومنيوم صغيرة على شكل زاوية لتثبيت بعض أجزاء الجهاز ، شكل (٩٣) .

٣ — هناك قطعة من الفير بها ثلاث نقط للتوصيل بقاعدة الجهاز المعدنية خلال النقطة المتوسطة فيها وبذلك تصبح هذه النقطة متصلة بالقاعدة المعدنية ويمكن فيها لحام جميع الأطراف التي سبق ذكرها والتي تتصل بهذه القاعدة .
٤ — توجد على غلاف الترانزستور نقطة حمراء بجانب أحد أطرافه الثلاثة وهي تشير إلى الطرف المجمع . ويلاحظ أن المسافة بين سلك الطرف المجمع وسلك القاعدة تساوى ضعف المسافة بين سلك القاعدة وسلك الطرف الباعث .

٥ — ملف التزليف المستخدم كهتزاز من الأنواع المستخدمة في أجهزة استقبال الموجات المتوسطة وله قلب حديدي يمكن بواسطته تغيير الموجات التي يصدرها هذا الملف بإدخاله في الملف أو إخراجها منه باستخدام المسبار المحوى الذي يثبت في أحد جانبي القاعدة المعدنية .

٦ — يثبت في الوجه العلوي من قاعدة الجهاز قطعة من الألومنيوم وطولها ٢ بوصة لتكون ماسكاً للبطارية المكونة من عمودين جافين قوة كل منهما ١ فولت موصولين على التوالي .



شكل (٩٣)

الدائرة الكهربائية لجهاز إرسال يحتوي على ترازستور واحد يعمل ببطارية جافة قوتها الدافعة ٣ فولت

٧ - يوضع الجهاز كله بعد إتمام عملية توصيل أجزائه في علبة كروية من البلاستيك قطرها حوالى ١٢ بوصة ويمكن الحصول عليها من مخازن الأدوية أو شركات بيع البلاستيك . وهى تقوم باحتواء جهاز الإرسال بداخلها وتمثل شكلاً تقريبياً للقمر الصناعى . ويمكن استخدام كرة من البلاستيك أصغر من ذلك تثبت في قاعدة معدنية بها ثقبان أحدهما يمر خلاله مسمار قرب الملف الذى يستعمل في التوليف ويمر خلال الثقب الآخر السلك المتصل بالميكروفون ، ويثبت مفتاح توصيل البطارية بقاعدة الجهاز .

(١٦) الترازستور

٨ - تستخدم إبر التريكو الأربع كهوائى للجهاز بعد تثبيتها فى كرة البلاستيك على أبعاد متساوية ويوصل طرف ملف الاهتزاز بها ويمكن استخدام سلك عادى طوله حوالى ٣ أقدام .

اختبار وتشغيل الجهاز :

يدار جهاز استقبال عادى ويحرك مؤشر مكشفه لكى يولف الجهاز على تردد قدره حوالى ١٦٠٠ كيلو سيكل مثلا بحيث لا تكون هناك محطات تقوم بالإذاعة عند هذه المنطقة من دائرة التوليف . ثم يشغل جهاز الإرسال ويحرك قلب الملف حتى نحصل على صغير ذى تردد عال فى جهاز الاستقبال . ثم يدخل الميكروفون ضمن الدائرة الكهربائية لجهاز الإرسال حتى نتأكد من أن هذه الإشارة صادرة عن جهاز الإرسال .

ويلاحظ أن جهاز الإرسال الذى وصف هنا يمكنه أن يعطى إشارات ذات تردد متوسط يبلغ طول موجاتها من ٢٠٠ إلى ٥٠٠ متر . وإذا كان القلب الحديدى خارج الملف تماما فإن الموجات اللاسلكية التى يرسلها هذا الجهاز يصل طولها إلى حوالى ٢٠٠ متر ، أما إذا أدخل القلب الحديدى فى ملف الاهتزاز فإن طول الموجة يكبر حتى يبلغ أقصاه وهو حوالى ٥٠٠ متر .

ويجب أن نقوم بإجراء بعض التجارب على جهاز الإرسال حتى نحصل على موجة أساسية يكون فيها الصوت المسموع خلال جهاز الاستقبال أقوى ما يمكن ، ويمكن ملاحظة أن هناك موجات أخرى إضافية توافقيه يمكن سماعها فى جهاز الاستقبال ولكنها أضعف من الموجات الرئيسية .

جهاز إرسال

يحتوى على ترانزستورين

هذا هو الجهاز الثانى من أجهزة الإرسال . وهو يحتوى على ترانزستورين من النوع الطافى Drift Transistor أحدهما يستخدم لتوليد التيارات ذات التردد العالى والآخر لتكبير هذه التيارات حتى يمكن تغذيتها فى مرحلة الخروج إلى ملف هوائى *

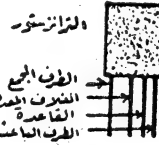
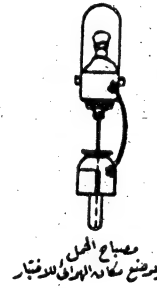
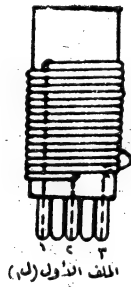
الأدوات والأجهزة اللازمة :

- ١ - بطارية ١٢ فولت .
- ٢ - أربع مكشفات ثابتة سعة كل منها ١٠٠٠ بيكوفاراد من النوع القرصى المعزول بالصينى (ث ١ ، ث ٢ ، ث ٣ ، ث ٤) .
- ٣ - مكشفين متغيرين (من النوع ذى الغلاف الصينى والعازل بين الصفائح من الميكا أو من الأنواع ذات الصفائح المتداخلة المصنوعة من الألومنيوم ث ٢ ، ث ٣) وسعة كل منهما ١٥ بيكوفاراد .
- ٤ - مكشف متغير سعته ٥٠ بيكوفاراد مصنوع من الألومنيوم وثمنه ١٥ قوشاً (ث ٧) .
- ٥ - وصله لمرسل مورش .
- ٦ - ملف (ل) شكل ١٩٤ .

* - قد جربت هذه الدائرة بمعرفة . هيئة مجلة Popular Electronics وأمكن بواسطتها عمل اتصالات بين أقاليم الولايات المتحدة الأمريكية وبينها وبين جزر هاواى .

يمكن صناعته من أسطوانة من الورق المقوى قطرها بوصة واحدة ويبدأ باللف عند أسفل الاسطوانة بحيث يدور السلك في الاتجاه الذي يسير فيه عقرب الساعة (أى إلى اليمين) عند النظر إلى اتجاه دوران السلك من ناحية أعلى الاسطوانة والسلك المستخدم لهذا الملف من نوع السلك المفرد النحاسى المعزول بالبلاستيك رقم ٢٠ المستخدم فى توصيل المصابيح فى المنزل . وإذا أريد استخدام الجهاز للإرسال على الموجات القصيرة التى تتراوح أطوالها بين ١٠ ، ١١ متراً فتكون عدد لفات هذا الملف ١١ لفة وتصنع وصلة عند ثلاثة أرباع اللفة الأولى من أسفل .

أما إذا أريد استخدام الجهاز للإرسال على الموجات القصيرة التى تتراوح أطوالها بين ١٥ ، ١٦ متراً فيكون عدد لفات هذا الملف ١٥ لفة من نفس السلك وتصنع وصلة بعد $3\frac{1}{4}$ لفة من أسفل .



شكل (٩٤)

- ١ — الملف الأول ل ١٠
- ب — الملف الثانى ل ٢٠
- ج — مصباح يمكن توصيله مكان الهوائى لأنبات صدور موجات لاسلكية من الجهاز .
- د — تفصيل أطراف كل من الترانزستورين .

٧ — الملف الثاني (ل) شكل ٩٤ ب .

ويمكن صناعته كالسابق تماماً ويختلف عنه في عدد اللفات كما يلي :
في حالة استخدام الجهاز للإرسال على الموجات بين ١٠ ، و ١١ مترأ تكون
عدد لفات الملف ١٠ لفات من نفس السلك ثم تعمل وصله ويلف فوق
الجزء الأسفل من هذه اللفات ٣ ٣ لفة أخرى . أما في حالة استخدام الجهاز
للإرسال على الموجه ١٥ مترأ فيكون عدد اللفات الأولى ١٥ لفة وعدد الثانية
٣ ٤ لفة .

٨ — مجموعة من المقاومات الثابتة :

١٢ = ١٨٠ أوم ، ٢٢ = ٢٣٠٠ أوم ، ٣٢ = ١٠٠٠٠ أوم ،
٤٢ = ٤٧٠٠٠ أوم .

٩ — مفتاح للتوصيل من النوع ذى القطب المفرد والقفزة الواحدة .

١٠ — ترانزستور من النوع الطافي 2 N 370 شكل ٩٤ د

١١ — " " " " 2 N 371 " ٩٤ د

١٢ — بللورة من الكوارتز تستخدم للتردد العالى وقدره ٧ ميجاسيكل
عند ما يراد استخدام الجهاز للإرسال على الموجة القصيرة التى طولها ١٥ مترأ
ويمكن الحصول عليها من محلات بيع مخلفات الجيش بمبلغ ٣٠ قرشاً .

١٣ — بعض الأدوات الإضافية اللازمة لتثبيت الجهاز :

(أ) قاعدة لتثبيت البللورة .

(ب) قاعدة معدنية للجهاز ٣ × ٤ × ٦ من البوصات وتصنع عادة

من الألومنيوم الرقيق وسمكه ١/٣ من البوصة .

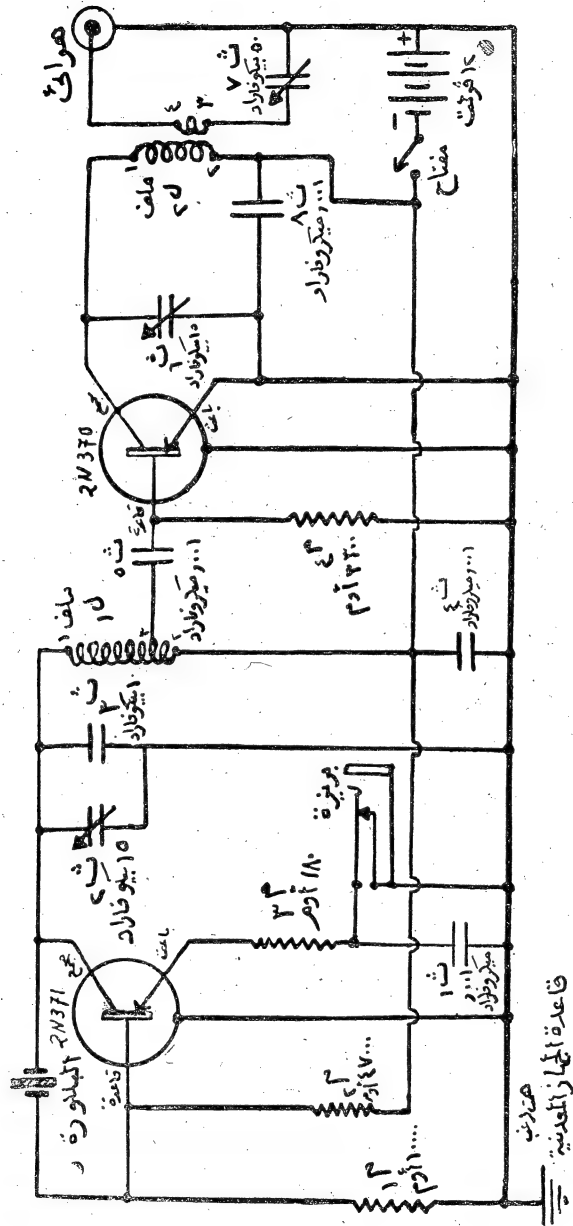
(ح) قواعد لتثبيت الترانزستورين فى قاعدة الجهاز المعدنية .

- (د) قواعد للصمامات يمكن تثبيت الملفات بها ولحام أطرافها فيها .
(هـ) ماسك معدنى لقطبي البطارية .
(ز) مصباح متالق صغير كالمستخدم فى بطاريات الجيب شكل (٩٤ ح) .
(ح) قاعدة مناسبة لتوصيل الهوائى .
(ط) مسامير محواة بصواميلها تناسب الأجزاء المختلفة للجهاز .

كيفية توصيل الدائرة الكهربائية :

الدائرة مبينة بالرسم شكل (٩٥)

- ١ — يوصل أحد طرفى البلورة بكل من :
(١) أحد طرفى المقاومة (م) ١٠٠٠٠ أوم .
(ب) » » » (م) ٤٧٠٠٠ أوم .
(ح) قاعدة الترانزستور الأول .
- ٢ — يوصل الطرف الآخر للبلورة بكل من :
(١) الطرف المجمع للترانزستور الأول .
(ب) أحد طرفى المكشف المتغير (ث٢) .
(ح) » » » الثابت (ث٣) .
(د) الطرف العلوى من الملف الأول .
- ٣ — يوصل الطرف الباعث للترانزستور الأول 2 N 371 بكل من :
(١) أحد طرفى المقاومة الثابتة (م) ١٨٠ أوم .
(ب) أحد طرفى المكشف الثابت (ث١) ٠,٠٠١ ميكرو فاراد .



الدائرة الكهربائية لجهاز الإرسال الذي يحتوي على ترانزستورين من النوع الطافي

شكل (٩٥)

٤ — يوصل القطب السالب للبطارية بكل من :

(١) الطرف السفلي للملف الأول .

(ب) « « « الثاني .

(ج) « الثاني من المقاومة (م) ٤٧٠٠٠ أوم .

(د) إحدى طرفي المكشف الثابت (ث) ٠,٠٠١ ميكروفاراد .

(هـ) « « « (ث) ٠,٠٠١ ميكروفاراد

٥ — يوصل القطب الموجب للبطارية بكل مما يأتي : —

(١) أحد طرفي المكشف المتغير (ث) ٥٠ بيكوفاراد .

(ب) أحد طرفي قاعدة توصيل الهوائى .

(ج) الطرف الثاني من المقاومة الثابتة (م) ١٨٠ أوم .

(د) « « « المكشف الثابت (ث) ٠,٠٠١ ميكروفاراد .

(هـ) « « « المتغير (ث) ١٥ بيكوفاراد .

(و) « « « الثابت (ث) ١٠ بيكوفاراد .

(ز) الغلاف المعدنى الخارجى للترانزستور الأول .

(ح) « « « الثاني .

(ط) أحد طرفي المقاومة الثابتة (م) ٣٢٠٠ أوم

(ى) الطرف الباعث للترانزستور الثانى .

(ك) إحدى طرفي المكشف المتغير الثانى (ث) ١٥ بيكوفاراد .

(ل) الطرف الثانى من المكشف (ث) ٠,٠٠١ ميكروفاراد .

(م) الطرف الثانى من المقاومة الثابتة (م) ١٠٠٠٠ أوم .

(ن) « « « المكشف الثابت (ث) ٠,٠٠١ ميكروفاراد .

(س) القاعدة المعدنية للجهاز .

٦ — يوصل الطرف الثانى من المكشف المتغير (ث٧) بالطرف العلوى من آخر اللفات التى تعلوا اللفات الأولى فى الملف الثانى .

٧ — يوصل الطرف السفلى من هذه اللفات الأخيرة المذكورة فى ٦ بالطرف الثانى من قاعدة توصيل الهوائى .

٨ — يوصل الطرف السفلى من اللفات الأولى الكبيرة العدد فى الملف الثانى بكامل من :

(١) الطرف الثانى من المكشف المتغير (ث٤) .

(ب) الطرف المجمع للترانزستور الثانى .

٩ — توصل قاعدة الترانزستور الثانى 2N 370 بكامل من .

(١) أحد طرفى المكشف الثابت (ث٥) .

(ب) الطرف الثانى من المقاومة (م٤) .

١٠ — يوصل الطرف الثانى من المكشف الثابت (ث٥) بالوصلة الوسطى للملف الأول .

نظرية عمل الجهاز :

يستخدم الترانزستور الأول 2N 371 وهو من النوع الطافى فى مرحلة اهتزاز وتقوم المجموعة المكونة من المقاومتين م١ ، م٢ بخفض جهد البطارية إلى الجهد الأسمى اللازم لأجزاء الترانزستور حتى يقوم بعمله خير قيام وينتج عن توصيلها أيضاً أن تكون شدة التيار المسار فى أجزاء الترانزستور ثابتة .

وتقوم المقاومة (م٣) بتثبيت شدة التيار وإعطاء الجهد اللازم للطرف الباعث من الترانزستور الأول . وقد شرحنا فيما سبق عند الكلام عن نظرية

عمل الترانزستور كيف يقوم بالاهتزاز . وينتج من الترانزستور الأول في دائرة خروجه تيار ذو تردد عال يمكن تثبيت تردده باستخدام البلورة المصنوعة من الكوارتز التي تهتز وفقاً للتيار المتردد الذي يمر بها ولا يخرج منها سوى التيار الذي يتفق في تردده مع هذه البلورة . وتوصل البلورة في مرحلة خروج الترانزستور الأول أى بين الطرفين الباعث والمجمع له . ويلاحظ أن التيار ذا التردد العالى الخارج من البلورة تعاد تغذيته مرة ثانية إلى الطرف الباعث خلال البلورة فيرجع مكبراً عدداً من المرات عن مقداره الأصلي . وبذلك تظل مرحلة الاهتزاز في عمل مستمر دون انقطاع نتيجة لعملية إعادة التغذية التي وصفناها .

ويمر هذا التيار المتردد الناتج في الدائرة المكونة من الملف L والمكثف المتغير (θ) والثابت (θ) والتي تكون دائرة رنين π موصلة على التوازي فيمر هذا التيار وتكون شدته قد كبرت نظراً لأن رد فعل الملف لهذا التيار المتردد يمحو أثر رد فعل المكثف لتساوى مقادري رد الفعل وتضادهما في الاتجاه فيكون التيار المار في الدائرة متأثراً بمقاومة كل من الملف والمكثفين فقط وبذلك يكون أكبر ما يمكن .

ويعمل الملف L كحول ذاتي يخفض الجهد ويزيد من شدة التيار الخارج منه خلال الجزء الصغير من الملف ($\frac{3}{4}$ لفه) حيث تنتقل هذه الطاقة اللاسلكية إلى دائرة الدخول في مرحلة التكبير وهي التي يستخدم فيها الترانزستور الثانى وهو من النوع الطافي أيضاً . ولا يلزم توصيل جهود أصلية من التيار المستمر لهذه المرحلة ولو أن التيار ذا التردد العالى عندما يمر في القاعدة يعمل على سحب جزء من التيار من البطارية خلال المقاومة المتصلة بها (M) ومقدارها ٣٢٠٠ أوم عندما يعكس إتجاهه ويصبح جهده سالباً .

ويخرج التيار ذا التردد العالى الذى دخل الترانزستور الثانى مكبرا عددا من المرات ويخرج إلى الملف لـ المكون لدائرة خروج الترانزستور الثانى حيث يمكنه أن ينقل الطاقة الكهربائية اللاسلكية إلى هوائى الجهاز فيشع موجات لاسلكية .

ويقوم الملف لـ بعمل المحول الخافض للجهد فترتفع شدة التيار خلال الملف الثانى لهذا المحول (ذى العدد القليل من اللفات) بحيث يمر فى الهوائى تيار شدته كبيرة يمكنه من أشعاع الموجات اللاسلكية .



أجهزة ذات أغراض مختلفة

جهاز اتصال متنقل بترانزستورين

بتقدم صناعة الترانزستور ، أصبح في الإمكان تصميم أجهزة عملية تدخل في مختلف شئون حياتنا مبنية على استعماله مما يسهل على كافة الناس كثيراً من المتاعب والجهد مما يبذلونه في هذه الحياة ، ويزيد كذلك من الترفيه عنهم وتسليتهم . والجهاز الذي سيأتي وصفه ويمكن أن يستخدم في التسلية وفي العمل . ويعتبر تصميمه وتركيبه واستعماله من الأوجه التي غزا فيها الترانزستور الأجهزة الالكترونية . ويستخدم في الجهاز أنواع شائعة من الترانزستورات وهي من نوع CK 722 أو OC 71 . ويعتبر الجهاز قلباً لشبكة اتصال يمكن استخدامها في المصانع والطائرات والأماكن المزدحمة التي تكون فيها الأصوات مرتفعة بحيث تغطي على الأصوات العادية . وفوق ذلك فإنه يمكن استخدامه في المدارس لإتمام الاتصال الشخصي بين ناظر المدرسة ووكيلها ومدرسيها والأوائل ومدرسيها .

ويمكن استخدامه في المستشفيات لإتمام الاتصال بين الأطباء والممرضين أو بينهم وبين المرضى . وذلك دون الحاجة إلى انتقال الأشخاص وتوفيراً للجهد وتوفيراً للوقت واستكمالاً لأسباب الرفاهية بالإضافة إلى ضالة الاستهلاك الكهربائي وصغر حجم الجهاز .

الأدوات اللازمة للجهاز وأماكن الحصول عليها :

أولا - المقاومات : وكلها ماعدا واحدة قدرتها ($\frac{1}{2}$ واط) وثمن الواحدة

١,٥ قرش .

١ - مقاومة متغيرة (M) = ١٠٠٠٠ أوم وثمنها ١٥ قرش .

٢، ٣ — مقاومة ثابتة (٢م)، (٥م) = ٢٢٠٠٠٠ أوم .

٤ — مقاومة ثابتة (٣م) = ١٠٠٠٠ أوم .

٥ — مقاومة ثابتة (٤م) = ٢٩٠٠ أوم .

٦ — مقاومة ثابتة (٦م) = ٥١٠ أوم .

ثانياً — المكثفات :

١ — مكثف ثابت (١ ث) = ٢٠ ميكروفاراد ١٠ فولت وثنه ١٠ قروش

٢ — » » (٢ ث) = ٢٠ » ١٠ » ١٠ »

٣ — » » (٣ ث) = ٧٠ » ١٥ » ١٢ »

ثالثاً — البطاريات :

١ — بطارية قوتها الدافعة ٣ فولت .

٢ — بطارية قوتها الدافعة ٩ فولت وثنها ١٠ قروش ويمكن استعمال

بطاريتين كل منهما ٤ فولت يوصلان على التوالى وثن الواحدة ٥ قروش .

رابعاً — المحولات :

١ — محول للتردد المنخفض مقاومة ملفه الإبتدائى ٨٢ أوم ومقاومة

ملفه الثانوى ٢٣٥٠٠٠ أوم وثنه ٢٥ قرش .

٢ — محول للتردد المنخفض مقاومة ملفه الإبتدائى ٢٠٠ أوم ومقاومة

ملفه الثانوى ٥٠٠٠٠ أوم وثنه ٢٥ قرش .

خامساً — الترانزستورات :

يلزم للجهاز ترانزستورين من نوع CK 722 وثن الواحد ١٥٠ قرشاً

ويمكن عند عدم وجود هذا النوع الاستعاضة عنه بالنوع OC 71 وثن

الواحد ١٧٧ قرشاً أو أى ترانزستورين من الأنواع التى تستخدم فى دوائر تكبير التردد المنخفض .

سادساً — بعض الأدوات الأخرى :

١ — مفتاح توصيل ذو قطب واحد وقفزة واحدة . وثمنه من ١٠ — ١٥ قرش .

٢ — أربع وصلات تشبه تلك المستخدمة فى أعمال التليفونات ويمكن الحصول عليها من محلات بيع مخلفات الجيش بثمان لا يزيد عن ٧ قروش للواحدة ويمكن الحصول عليها جديدة بسعر أعلى من السابق عند محلات بيع أدوات وقطع غيار الأجهزة اللاسلكية . وقد رمز لها على الرسم بالرموز ج١ ، ج٢ ، ج٣ ، ج٤ .

وتباع هذه الأجزاء جديدة بسعر ٢٠٠ قرشاً للواحدة ويمكن الحصول عليها من مخلفات الجيش بسعر أقل .

٣ — مجموعتان على الأقل كل منهما مكونة من سماعة للأذن تبلغ مقاومة ملفاتها ٢٠٠٠ أوم متصلة بميكروفون للرقبة أو ميكروفون جيبى ويمكن الحصول عليها من مخلفات الجيش وثمان السماعة ١٥ قرشاً وثمان الميكروفون ١٠ قروش وتباع هذه الأجزاء جديدة بسعر ٢٠٠ قرشاً للوحدة .

٤ — صندوق معدنى يمكن وضع الجهاز بداخله . ويترك حجمه وشكله حسب تصميم القارئ وذوقه .

طريقة توصيل الدائرة الكهربائية وما يجب مراعاته لذلك :

١ — تثبت الأجزاء أولاً داخل صندوق الجهاز بعد عمل الثقوب المناسبة لثبيتها ثم يتم توصيل الدائرة الكهربائية الميدنة بالرسم .

٢ — يجب ملاحظة توصيل أطراف المكشفين (ث_١ ، ث_٢) في الدائرة توصيلاً مضبوطاً بمعنى أن الطرف السالب للمكشف (ث_١) يوصل بقاعدة الترانزستور الأول والطرف الموجب لنفس المكشف (ث_٢) يوصل بالطرف المتوسط المتحرك في المقاومة المتغيرة (م) المستخدمة كضابط للصوت . ويوصل الطرف السالب للمكشف (ث_٢) بالطرف الجمع للترانزستور الأول مع توصيل الطرف الموجب لنفس المكشف بقاعدة الترانزستور الثاني .

٣ — يجب لحام أطراف الترانزستورين في الدائرة الكهربائية للضمان تشغيل الجهاز تشغيلاً حسناً ولتثبيتها جيداً في الدائرة الكهربائية .

٤ — تستخدم وصلة من نوع خاص لها ثلاثة أطراف لتثبيت المجموعة المكونة من السماعة والميكروفون لكل شخص يلزمه الاتصال بآخر خلال الجهاز .

٥ — توصل أقطاب البطاريات توصيلاً مضبوطاً في الدائرة . وأقل عدد للوصلات هو اثنتان ويمكن زيادة العدد إلى أربع وصلات ولكن ذلك سوف يكون على حساب شدة الصوت وينتج عنه إستهلاك تيار كبير من البطارية مما قد يؤدي إلى نفادها سريعاً .

٦ — يستهلك من التيار الكهربائي ما مقداره ٢ — ٣ مللي أمبير من البطارية ذات القوة الدافعة ٩ فولت عند تشغيل الجهاز . وشدة هذا التيار صغيرة جداً حتى أن هذه البطارية يمكنها أن تعمل في الجهاز مدة تصل إلى أربعة شهور دون أن تتلف . وأما التيار الذي يستهلك من الأخرى ذات قوة الدافعة ٣ فولت فهي كبيرة نسبياً ولذلك فإن هذه البطارية ربما لا يزيد عمرها عن شهرين ، وهي مدة كبيرة إذا قورنت بالمدة التي تعمل فيها هذه البطارية في إضاءة مصباح كهربائي صغير .

٧ — يسمع الشخص الذى يستخدم هذا الجهاز صوته خلال السماعات المركب على أذنيه ولا يعتبر هذا عيب بل أنه مهم حتى يمكنه أخذ فكرة عن مستوى إرتفاع الصوت الذى يخرج من الجهاز ليذهب إلى ه زميله فى الطرف الآخر من أطراف الاتصال .

٨ — يمكن إستخدام أسلاك توصيل بين أماكن بعيدة خلال الجهاز ويستحسن إستخدام سلك مزدوج معزول بالبلاستيك أو المطاط مغطى بجداول من النحاس معزولة بالمطاط أو البلاستيك . ومثل هذا النوع جيد فى عملية التوصيل إذ يكون غير قابل للتأثر بالمجالات المغنطيسية المتغيرة التى تنتج فى الأسلاك الكهربية المجاورة لهذا السلك عند مرور التيار فيها .

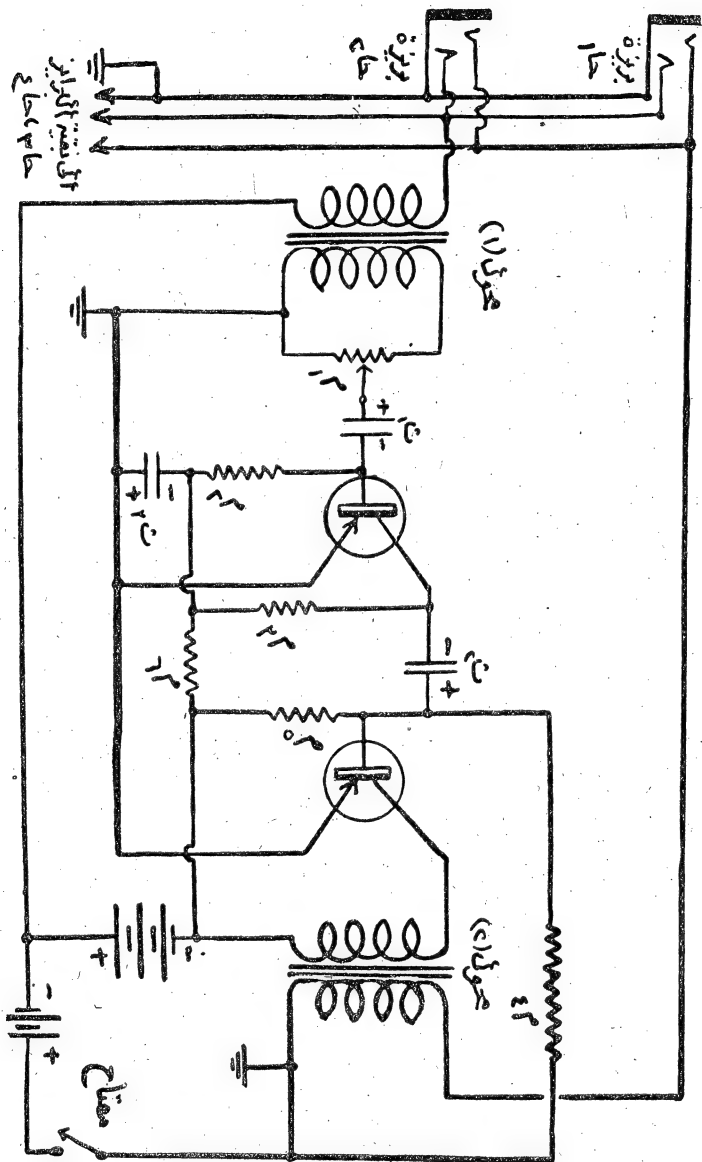
ويبلغ ثمن المتر من هذا النوع حوالى ١٠ قروش . ويوجد عند محلات بيع قطع غيار الأجهزة اللاسلكية ويستخدم غالباً فى توصيل رأس الإذاعة فى الجراموفون إلى جهاز التكبير الموجود فيه .

نظرية عمل الجهاز :

تركب الدائرة الكهربية شكل (٩٦) من مرحلتين لتكبير الجهد ترتبطان ببعضهما عن طريق استخدام المقاومات والمكثفات . وهى طريقة شائعة للربط بين مراحل التكبير المختلفة للأجهزة الالكترونية .

ويوصل التيار الخارج من ميكروفون الرقبة أو الميكروفون الحبيبي إلى مقاومة متغيرة تستعمل كضابط للصوت خلال محوّل مناسب للميكروفون والجهد اللازم للميكروفون يؤخذ من البطارية ذات القوة الدافعة الصغيرة (٣ فولت) وعند حدوث أى صوت يقوم الميكروفون بالتقاطه ويحوّله إلى تيار مستمر نابض يدخل أولاً إلى المحوّل فيرتفع جهده خلال

الملف الثانوى ويمر هذا الجهد إلى المكشف (ث) خلال المقاومة المتغيرة (م) إلى قاعدة الترانزستور الأول . ونحن نعلم أن التيار المستمر لا يمر خلال أى مكشف ولكن التيار النابض أو المتردد يمكنه أن يشحن المكشف فى لحظة ثم يفرغه خلال لحظة أخرى بحيث يظهر لنا أن هناك تياراً يمر فى هذا المكشف . ولذلك فإن المكشف (ث) يقوم بمنع التيار المستمر من المرور من المحول إلى قاعدة الترانزستور ولكنه يسمح بمرور التيار النابض منه إلى قاعدة الترانزستور ، وتتصل قاعدة الترانزستور الأول بالطرف السالب للبطارية خلال مجموعة من المقاومات لإعطائها جهداً أصلياً مناسباً . وتعمل المقاومة (م) كحمل فى دائرة الطرف المجمع الترانزستور الأول ويكون التيار المار فيها قد كبر خلال هذا الترانزستور وبنفس الطريقة السابقة يتم اتصال دائرة خروج الترانزستور الأول بقاعدة الترانزستور الثانى (دائرة دخوله) أى عن طريق مقاومة ومكشف . (المقاومة م_٢ والمكشف ث_٢) . وتتصل قاعدة الترانزستور الثانى بالطرف السالب للبطارية خلال المقاومتين م_٣ ، م_٤ وقيمتها كبيرة بحيث تقلل من حساسية الجهاز للتغيرات فى درجة الحرارة . أما الحمل المستخدم فى دائرة خروج الترانزستور الثانى فهو الملف الابتدائى للمحول الثانى المستخدم هنا كخافض للجهد ويوصل الملف الثانوى لهذا المحول بملفات السماء ليعطيها التيار الكهربى الشديد اللازم لتشغيلها .



شكل (٩٦)
الدائرة الكهربائية لجهاز الاتصال المتكامل الذي يستخدم فيه الترانزستورين

الحارس الصامت

Silent Sentinel

جهاز بثلاثة ترانزستورات

يتكلف سبعة جنيهات ويحرس الملايين

يستطيع هذا الجهاز الذى يحتوى على ثلاثة ترانزستورات ولا يكلف سوى بضعة جنيهات أن يحميك أنت وأهلك ومالك من أى دخيل أو متطفل بإذارك فى الوقت المناسب حتى تنهياً لطرد هذا الغريب . ويمكن استخدام الجهاز فى حراسة الخزائن فى جميع المرافق ، فى المدارس ، فى المستشفيات ، فى البنوك ، فى المصانع والمعامل ، فى دور الحكومة ، فى كل ماله صلة بالمال والأعمال والأرواح .

الأدوات اللازمة للجهاز وأثمانها التقريبية :

أولا - المقاومات :

- | | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| ١ - مقاومة ثابتة (م ١٢) = ٥٦٠ | أوم (١/٢ واط) وثمنها ١,٥ قرش |
| ٢ - " " (م ٢٢) = ٢٢٠ ألف | " " " ١,٥ |
| ٣ - " " (م ٣٣) = ٢٢٠٠ | " " " ١,٥ |
| ٤ - " " (م ٤٤) = ١٠٠٠ | " " " ١,٥ |
| ٥ - " " (م ٥٥) = ٤٧٠ ألف | " " " ١,٥ |
| ٦ - " " (م ٦٦) = ٢٢٠ ألف | " " " ١,٥ |
| ٧ - " " (م ٧٧) = ٤٧٠٠ | " " " ١,٥ |

- ٨ — » » (م_٩) = ٣٣ ألف أوم (١/٧ واط) وثمنها ١,٥ قرش
 ٩ — » » (م_{١٠}) = ٤٧٠٠ » » » » ١,٥ »
 ١٠ — مقاومة متغيرة (م_{١٠}) = ١٥ ألف أوم وثمنها من ١٥ — ٢٥ قرشاً

ثانياً — المكشفات :

- ١ — مكشف متغير (ث_١) سعته = ٩ — ١٨٠ ميكروفاراد (ميكا) وثمنه ٥
 ٢ — » » (ث_٢) » = ٢ — ٣٠ » » » ٥
 ٣ — » » (ث_٣) » = ٩ — ١٨٠ » » » ٥
 ٤ — مكشف ثابت (ث_٤) » = ٠,٠٥ ميكروفاراد » ٤
 ٥ — » » (ث_٥) » = ٠,٠١ » » » ٤
 ٦ — » » (ث_٦) » = ٠,٠٥ » » » ٤
 ٧ — » » (ث_٧) » = ١٧٠ ميكروفاراد » ٣
 ٨ — » » (ث_٨) » = ١٠ ميكروفاراد ٢٥ فولت
 الكتروليني وثمنه ١٠
 ٩ — » » (ث_٩) » = ١٠ ميكروفاراد ٢٥ فولت
 الكتروليني وثمنه ١٠
 ١٠ — » » (ث_{١٠}) » = ٠,٠٤٧ ميكروفاراد » ٥

ثالثاً — الترانزستورات :

- ١ — ترانزستور من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة
 الموجبة (2N 112) وهو نوع يستخدم في دوائر التردد العالى ، ويمكن
 الاستعاضة عنه بالنوع ذى الأقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة الموجبة ورقه
 OC 70 أو OC 71 حيث ثبت من التجارب العملية أمكان استخدامهما

في دوائر مهتزة ذات تردد متوسط وأخرى ذات تردد عالٍ ، دون أى تعديل في الدوائر عند استعمال الترانزستورين الآخرين .

٢ — ترانزستوران من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة الموجبة ورقم كل منهما (2 N 107) . ويمكن الاستغناء عنهما ووضع ترانزستورين من نوع (OC 71) بدلها دون تعديل في الدائرة . وقد عرفنا أنما هذه الأنواع فيما سبق من الأجهزة .

رابعاً — الملفات :

يحتاج الجهاز إلى ثلاثة ملفات متشابهة كل منها يتركب من اسطوانة من الورق المقوى أو البلاستيك يوجد عليها ملفان الأول كبير وبه وصلة متوسطة والآخر أصغر منه ويخرج من كل ملف خمسة أطراف للتوصيل عليها أرقام (١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥) . يجب ملاحظة هذه الأرقام على الرسم عند القيام بعملية التوصيل . ويبلغ ثمن الواحد منها ٢٠ قرشاً .

خامساً — المقومات :

- ١ — مقوم معدنى Metal Rectifier وثمانه ٧٠ قرشاً .
والجهد الكهربى الذى يعمل عنده ١٥ فولت وشدة التيار ٣٠ مللى أمبير .
- ٢ — موحد بلورى (OA 50) أو (1 N 34) وثمانه الآن يبلغ ٤٠ قرشاً .

سادساً — بعض الأدوات الأخرى :

- ١ — محول التيار العام خافض للجهد يمكن توصيل ملفه الابتدائى بالتيار العام (جهده ١١٠ فولت أو ٢٢٠ فولت) ويمكن الحصول من ملفه

الثانوى على جهد قدره ١٥ فولت فقط بتيار شدته $\frac{1}{4}$ أمبير . وهو يشبه المحولات المستخدمة فى دوائر الاجراس الكهربائية ويبلغ ثمنه ٢٥ قرشاً .

٢ — مجدد Relay ذو ثلاثة أطراف للتوصيل ومقاومة ملفه تبلغ ٢٠٠٠ أوم ويشغل بجهد كهربى قدره ١٢ فولت ويمكنه جذب حافظته عند ما يمر به تيار شدته ٤ مللى أمبير ، ويسبب التخير فى شدة التيار بمقدار ٥ مللى أمبير رجوع الحافظة إلى مكانها أو انجذابها إلى القلب الحديدى . ويباع فى محلات بيع مخلفات الجيش بسعر لا يزيد على ١٥ قرشاً وإن كان الجديد منه يباع بسعر أعلى .

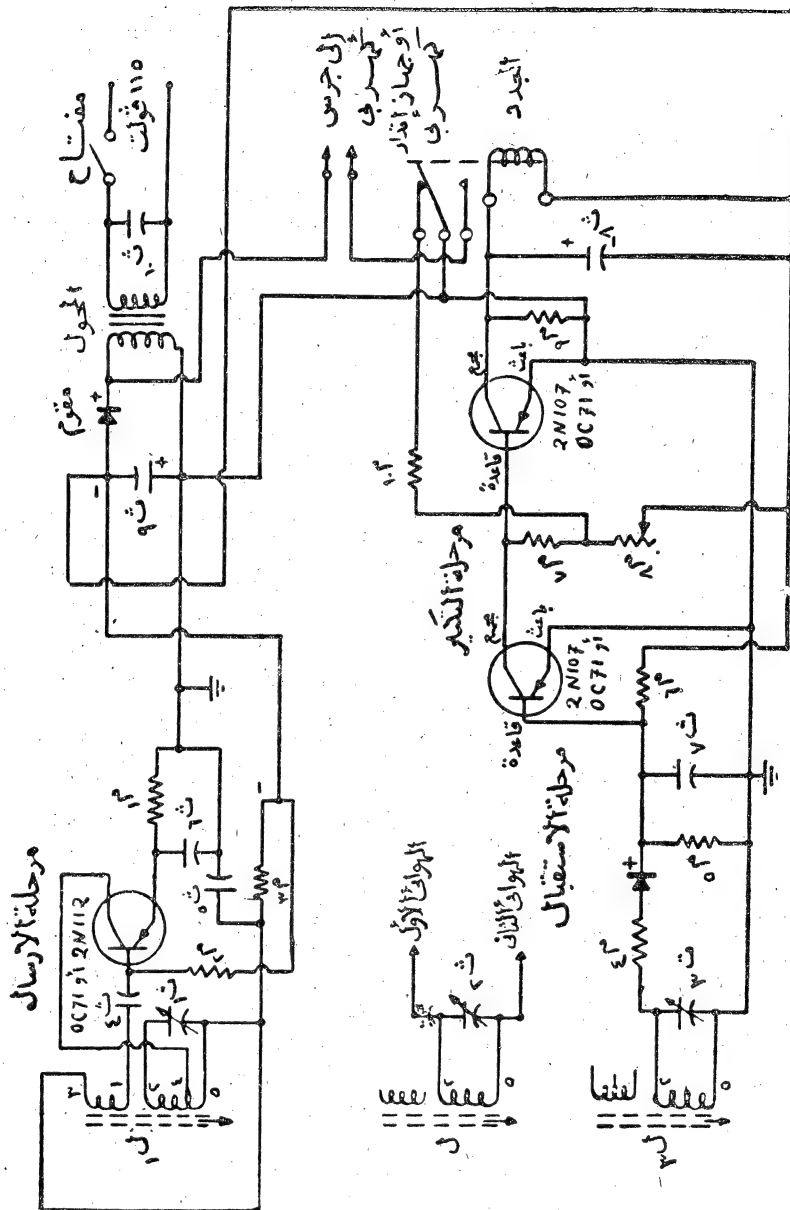
٣ — أسلاك مفردة من النوع رقم ٢٠ المعزول بالبلاستيك والمستخدمه فى توصيل المصابيح الكهربائية فى المنزل بالتيار العام ، تستعمل كهوائى للجهاز ويتوقف طول السلك اللازم على أبعاد الشبائيك والأبواب الموجودة بالمنزل وعلى المسافة بينها وبين الجهاز ؛ ويمكن استخدام أى طول لهذا الجهاز دون خوف من عدم تشغيله وثمان المتر من السلك المذكور يتراوح بين ١٥،٧،٥ ملياً .

٤ — صندوق للجهاز يصنع من الألومنيوم الرقيق سمك $\frac{1}{16}$ من البوصة بالمواصفات المبينة على الرسوم التوضيحية المبينة بشكلى (١٩٨ ، ب) .

٥ — مسامير قلاووظ بصواميلها تناسب تركيب أجزاء الجهاز وثمانها جميعاً لا يزيد على خمسة قروش .

٦ — مفتاح توصيل وثمانه ١٥ قرشاً .

٧ — جرس كهربى يشتغل على التيار العام ويصل ثمنه إلى ٢٥ قرشاً .



شكل (٩٧)

الدائرة الكهربائية لجهاز الحارس الصامت

طريقة توصيل أجزاء الجهاز وبعض ملاحظات عن التركيب:

أنظر شكل (٩٧).

١ - تثبت الأجزاء المختلفة لهذا الجهاز بداخل الصندوق المعدني في الأماكن المحددة لها على الرسوم التوضيحية المفصلة .

٢ - تلحم الأطراف المختلفة للدائرة الكهربائية باتباع الرسم .

٣ - يراعى أن يبدأ في توصيل مصدر التيار العام بالمحول خلال مفتاح التوصيل .

٤ - تركيب الأجزاء المستخدمة في كل من مرحلتى الاهتزاز والنقل على الوجه الأمي للجهاز .

٥ - تركيب الملفات الثلاثة بحيث تكون محاورها على استقامة واحدة .

٦ - تركيب الأجزاء المستخدمة في المرحلة الأخيرة (مرحلة تكبير التيار المستمر) أسفل القاعدة المعدنية للجهاز .

٧ - لا تلحم الترانزستورات والموحد البللورى إلا بعد إتمام توصيل بقية الأجزاء الأخرى من الدائرة الكهربائية .

٨ - يستعمل عازل من المطاط أو البلاستيك للأطراف المعدنية للترانزستورات .

أنظر شكل ١٩٨ ، ب .

نظرية عمل الجهاز :

تتكون الدائرة الكهربائية من ثلاث مراحل :

١ - المرحلة الأولى هي مرحلة الإرسال أو الاهتزاز : وفيها يقوم الترانزستور الأول بإصدار إشارة كهربائية صغيرة الشدة ولكنها ذات تردد خاص يتوقف على كل من حث الملف L وسعة المكثف C ويمكن بتغيير قيمة كل منهما تغيير تردد هذا التيار .

٢ - المرحلة الثانية هي مرحلة الاستقبال : وفيها تستقبل الإشارة اللاسلكية ذات التردد العالي الصادرة من دائرة الترانزستور الأول فتقوم أولا بواسطة الموحد البلورى (OA 50 أو IN 34) ثم تحوّل إلى تيار مستمر باستخدام الترانزستور الثانى (2N107 أو OC 70)

٣ - المرحلة الأخيرة وهي مرحلة تكبير للتيار المستمر الذى يصل من الترانزستور الثانى ، ويقوم بهذه العملية الترانزستور الثالث الذى يتصل فى دائرة خروجه بملف المحدد . ويقوم هذا الملف بعمل الحمل اللازم لدائرة الخروج من الجهاز .

ويلاحظ أن مرحلة الاستقبال تضبط على تردد أكبر من تردد المرحلة الأولى وهي مرحلة الإرسال أو الاهتزاز . وبذلك لا تدخل أى إشارة كهربائية من الإشارات التى تصدرها مرحلة الإرسال إلى مرحلة الاستقبال . فإذا اقترب شخص من الهوائيات المتصلة بالجهاز وهي موصلة إلى مرحلة الاستقبال فإن دائرة التوليف (وهي المكونة من الملف الثانى L والمكثف المتغير الثانى C) يتغير تردد رنينها ويقترب من تردد مرحلة الاهتزاز ، فيمر من الأخيرة تيار متردد يقوم ثم يكبر فى المراحل المختلفة للجهاز حتى يصل إلى ملف المجدد فيسبب جذب حافظتها فتقفل دائرة الإنذار

الخارجية المكونة من الجرس ومصدر التيار العام فيرن الجرس معلنا اقتراب الغريب من هوائيات الجهاز .

ولكى لا يتوقف جهاز الإنذار عن إصدار إنذاراته فقد استخدمت مقاومة ثابتة (م. ١) المبينة في الرسم (شكل ٩٧) . فعندما تنجذب حافظة المجدد إلى قلبه الحديدي ينقطع توصيل هذه المقاومة عن أجزاء الدائرة فيزيد التيار الأصلي المار في قاعدة الترانزستور الثالث بحيث ينتج عن ذلك أن تصبح شدة التيار الخارج من هذا الترانزستور في مرحلة خروجه كافية لتشغيل المجدد حتى في حالة عدم دخول إشارة لاسلكية ذات تردد عال إلى مرحلة الاستقبال .

عمل أسلاك الهوائى وطريقة توصيلها بالجهاز :

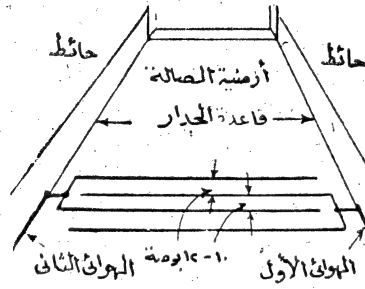
تثبت الأسلاك المستخدمة كهوائيات للجهاز في الأطارات الخشبية للشبابيك والأبواب أو تحت السجاجيد أو مشمع الأرضية . ويمكن استخدام شبكات معدنية كهوائيات أو عمل عدة توصيلات على التوازي من سلك واحد تثبت في مساحة واسعة كما هو بالأشكال (١٩٩ ب ، ح) .

وربما كانت الأسلاك النحاسية الرفيعة المعزولة بالورنيش رقم S.W.G ٣٠ أفضل من استخدام أسلاك معزولة بالبلاستيك نظراً لدقة الأولى وسهولة إخفائها .

ويلاحظ أن السلكين الهوائيين الرئيسيين اللذين يتصلان مباشرة بالجهاز يبعدان عن بعضهما مسافة تصل بين نصف متر ومتر حتى تكون السعة الناتجة عن تقاربهما صغيرة جداً .

والرسوم التوضيحية المرافقة تبين بعض الأماكن التي يمكن وضع

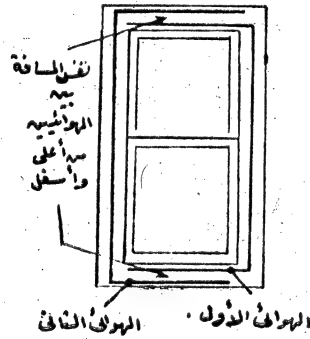
الهوائيات فيها بحيث تصبح أخفاها يمكنها أن تنبئ عن وجود الأشخاص في المنطقة المثبتة فيها .



شكل (١٩٩)

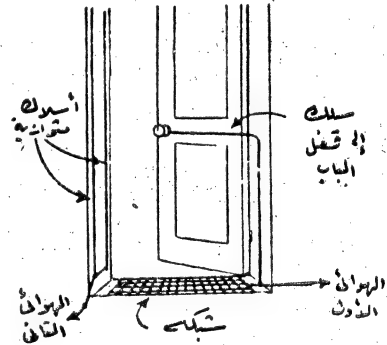
كيفية تثبيت الأنفاخ في أرضية الصالة

ويستحسن توصيل بعض المكشفات ذات السعات الصغيرة على التوالي بين الهوائيات والأففاخ حتى تقلل من السعة الكلية للمجموعة وتزداد بذلك حساسية الجهاز بالنسبة للتغيرات الصغيرة في هذه السعة .



شكل (٩٩ ج)

كيفية تثبيت الأنفاخ حول باب الغرفة



شكل (٩٩ ب)

كيفية تثبيت الأنفاخ عند عتبة الباب

عملية ضبط الجهاز وتشغيله :

١ - يوصل طرفا مكشف ثابت سعته (١٥٠ بيكوفاراد) مكان طرفي هوائي الجهاز .

٢ — يدار مفتاح المقاومة المتغيرة (م) إلى نهايته حتى تكون مقاومته أكبر ما يمكن .

٣ — يوصل طرفا ملف المجدد بفولتметр حساس

٤ — يدار مسبار المكشف (ث_٢) حتى تكون سعته أكبر ما يمكن .

٥ — يدار كل من مسباري المكشفين (ث_١ ، ث_٢) حتى تصبح سعة كل منهما نصف السعة الكلية .

٦ — يغلق مفتاح توصيل الجهاز بالتيار العام (١١٠ فولت) .

٧ — يجب أن تكون قراءة الفولتметр بين ٢ ، ٢ ١/٢ فولت .

٨ — يدار مسبار المكشف (ث_١) بحيث تزداد سعته بالتدريج وينتج عن ذلك زيادة في الجهد عند طرفي ملف المجدد ويدل على ذلك زيادة قراءة الفولتومتر وتزداد سعة المكشف بالتدريج حتى تصبح قراءة الفولتومتر أكبر ما يمكن .

٩ — يدار مسبار المكشف (ث_٢) بحيث تزداد سعته بالتدريج حتى يحدث هبوط شديد في قراءة الفولتومتر .

وعند إتمام هذه العملية تكون مرحلة الاستقبال مولفة توليفا مضبوطا مع مرحلة الإرسال وتصبح قراءة مقياس الفولتметр بين ١٣ ، ١٥ فولت . وقد تسمع صوتا ضعيفا أثناء عملية الضبط يصدر من المجدد ويدل على حدوث جذب بين حافظته وقلبه الحديدي .

١٠ — يدار مسبار المكشف ث_٢ حتى تصبح قراءة الفولتметр حوالى ٤ فولت .

١١ — تفتح دائرة التيار العام لحظة وجيزة لترجع نقطة توصيل المجدد إلى التباعد وترجع الحافظة بعيدة عن القلب الحديدي .

١٢ — يدار الطرف المتحرك للمقاومة المتغيرة (م_٨) حتى يرتفع الجهد إلى حوالي ٦ فولت .

١٣ — يكمل توصيل المقاومة الثابتة (م_{١٠}) في مكانها من الجهاز بعد أن كانت هذه المقاومة متروكة دون توصيل

١٥ — يرفع المكشف الذى وضع مكان الهوائى فى الجهاز ويوصل الهوائيين فى مكانه وتعاد العملية السابقة من عمليات الضبط للحصول على أحسن النتائج .



الباب العاشر

صيانة وإصلاح أجهزة راديو الترانزستور

إنه من السهل اكتشاف الأسباب التي تعطل جهاز الترانزستور أو العيوب التي تسبب عدم اشتغاله باتقان إذا ما عرف الإنسان هذه الأسباب التي يتوقع وجودها . ولقد فتحت أجهزة الراديو المبنية على الترانزستور آفاقا جديدة لمهندسي إصلاح الراديو ، وبالرغم من أن هذه الآفاق مازالت محدودة وليست واسعة نظرا لحدثة عهد الترانزستور فإن أعمال الإصلاح تستلزم طرقا جديدة وقدرة كافية .

إن جهاز الراديو المستخدم فيه الترانزستور سوف يدوم مدى الحياة ، مثل الساعة الدقيقة ، إذا ما اعتنى به عناية كافية . ويكفي الساعة أن تنظف بين آن وآخر وتضبط لكي تعيش مدة طويلة ، إلا إذا استعملت استعمالا سيئا . ولقد وجد أن جهاز الراديو المستخدم فيه الترانزستور يشبه الساعة تماما فإنه يحتاج من وقت لآخر إلى عملية تنظيف وضبط حتى يعيش مدة طويلة . ولا يوجد مدى لعمر الترانزستور ، والواقع أن هبوط مستوى عمل الترانزستور أو فشله يعتبر استثناء وليس قاعدة مادام هذا الترانزستور قد روعي فيه حسن الاستعمال من حيث الدقة والاتقان .

وأهم العيوب التي توجد في أجهزة راديو الترانزستور والتي تكون حوالى ٩٩٪ من أسباب فشل هذه الأجهزة في العمل يتلخص في ثلاثة عناوين رئيسية :

أولا — البطاريات :

(١) البطاريات المستخدمة في أجهزة راديو الترانزستور قد تنفد فلا تعطى تيارا كهربيا .

(ب) قد يعكس توصيل أقطابها بالجهاز دون قصد بحيث يوصل قطبها السالب مكان القطب الموجب . وربما نتج عن ذلك احتراق بعض الترانزستورات المستخدمة في الجهاز أو توقفها عن العمل .

(ح) قد تكون أطراف البطاريات صدئة وذلك بسبب عزل الجهد الكهربى للبطاريات عن الأجزاء المختلفة للراديو ، ويحدث هذا خاصة عندما تترك البطاريات إلى أن يحدث فيها ثقب تسبب خروج بعض أملاحها وتسبب صدأ أطراف توصيلها بجهاز الراديو .

والواقع إن هذه العيوب الثلاثة السابقة ترجع إلى أن البطاريات لا تستهلك بسرعة في أجهزة راديو الترانزستور وتمكث مدة طويلة في الجهاز دون الحاجة إلى تغييرها . ومعظم الأشخاص الذين يملكون أجهزة راديو الترانزستور لا يعلمون تماماً متى يجب تغيير البطاريات وبذلك يتركون البطاريات في الأجهزة إلى أن يمضى الوقت الذى كان يجب أن تستبدل فيه هذه البطاريات .

وكقاعدة عامة يجب استبدال البطاريات عندما يهبط جهدا وهي تعمل في الجهاز إلى أقل من ٧٥٪ من جهدا الأصيل قبل أن تقوم بعملها في الجهاز فمثلا إذا كان الجهاز يشتعل على بطارية جهدا ٦ فولت يجب تغييرها عندما يصبح جهدا ٤١ فولت .

ثانياً : المكثفات :

المكثفات المستخدمة في أجهزة راديو الترانزستور من الأنواع التى تحتوى بداخلها على مواد كيميائية وتعرف بالمواد الالكتروليتيّة تعمل على

زيادة سعة المكشف وتقليل حجمه وتتحمل جهوداً كهربية صغيرة . وبمرور الوقت تقل سعة هذه المكشفات وينتج عن ذلك حدوث صغير في جهاز الراديو يعرف بالاهتزاز أو ضعف أو انعدام التيار الخارج إلى مضخمات الصوت أو حدوث تشويش في الصوت .

فمثلاً وجد أن المكشف الموصل عادة على التوازي مع التيار الخارج من أجهزة راديو الترانزستور وسعته في العادة بين ٥,٢ ميكروفارد تقل هذه السعة بعد مدة من الزمن إلى $\frac{1}{2}$ ميكروفارد تقريباً . وبذلك يؤثر تأثيراً كبيراً على مستوى الصوت الخارج من جهاز الراديو . وبدوام البحث والتجارب أمكن تلافى هذا العيب إلى حد كبير في الأجهزة المصممة حديثاً وكذا باجادة صنع هذه المكشفات أمكن التقليل من نقص سعاتها إلى حد كبير وبذلك قلت الشكوى الناتجة عن وجود هذه المكشفات في دوائر التيارات الخارجة . والواقع أن هذه المكشفات ذات السعات الكبيرة والتي لا تتحمل إلا جهوداً صغيرة High Capacitance Low Voltage يمكن أن تتلف تلفاً دائماً عند عكس توصيل أطرافها بأطراف البطاريات أو إذا زادت الجهود الكهربائية المستخدمة لها عن الجهود المحددة .

ثالثاً : قطع أطراف التوصيل في الدائرة : —

يستخدم في معظم أجهزة راديو الترانزستور دوائر مطبوعة

* Printed Circuits

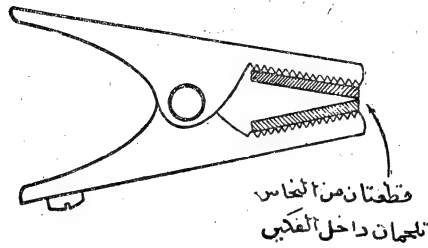
ومن السهل أن تكسر لوحة الفيبر التي تحمل الدائرة المطبوعة مما ينتج عنه قطع في أى جزء من أجزاء الدائرة الكهربائية ويؤدي إلى وقف الجهاز عن العمل . وبالإضافة إلى ذلك يمكننا القول أن بعض التوصيلات

* يستعاض فيها عن التوصيلات السلكية بلوحة من الفيبر رسمت عليها الدائرة بصرائط رقيقة جداً من النحاس تلحم أجزاء الدائرة فيها مباشرة

لا تكون ملتزمة التحاماً كافياً لعدم نظافتها أو لأن الاتصال فيها ضعيف ،
وينتج عن ذلك حدوث بعض الخلل في عمل الجهاز .
ومما يكشف هذا العيب استخدام مقاييس الجهد لقياس الجهود في النقط
المختلفة من الدائرة الكهربائية عند تركيبها ، واختبار التوصيلات المختلفة
والتأكد من عدم حدوث أى قطع فيها .

طريقة العمل في الدوائر المطبوعة

يلزم لإجراء عمل لوحة الدائرة المطبوعة كثير من الآلات والأجهزة ،
إذا ما حدث كسر فيها . ويستحسن إجراء إصلاح كسور لوحات الدوائر
المطبوعة بواسطة الشركات ذاتها التي قامت بصناعتها . أما أى كسر بسيط
مفرد في أحد توصيلات الدائرة المطبوعة فيه يمكن إصلاحه بعمل قنطرة
أو كوبرى من السلك يصل بين الجزئين المقطوعين . والواقع أن عملية
إصلاح الدوائر المطبوعة في أجهزة الترانزستور أو في أجهزة الصمامات
الالكترونية متشابهة ، إذ تكفى كمية ضئيلة من الحرارة لكي تصهر
قصدير اللحام المستخدم على لوحة الدائرة المطبوعة ، ولكي يتم ذلك يحسن
استخدام كلوية اللحام ذات الطرف المدب من الحجم الصغير (قدرتها
٣٧,٥ واط) لمعظم إصلاحات الدوائر المطبوعة . وبالطبع إذا لزم استخدام
كلوية أكبر حجماً لصهر القصدير فيمكن ذلك ولكن يجب أن لا تزيد
مدة توصيلها بأجزاء الدائرة عن القدر الذى يكفى لعمل لحام جيد فقط ،
إذ أن الحرارة الشديدة إذا ما استخدمت في الدوائر المطبوعة فإنها
تتحرق لوحة الدائرة وتسبب انفصال أجزاء الدائرة المطبوعة النحاسية
عن اللوحة العازلة ، كذلك فإن الحرارة الشديدة إذا ما استخدمت في
أطراف الترانزستور فإنها قد تسبب تلفاً دائماً له . وإذا ما أريد استخدام
الكلوية للحام أحد أطراف الترانزستور فيجب أن يمسك طرف



شكل (١٠٠)

ماسك معدني يستخدم في الأمساك بأطراف الترانزستور حتى لا يتلف نتيجة وصول الحرارة إلى أجزائه الداخلية

الترانزستور بماسك معدني شكل (١٠٠) حتى تتسرب الحرارة إليه ولا تصل إلى داخل الترانزستور .

ومن أهم العوامل التي تسبب تلف الترانزستور :

- ١ - أن تعرض أطراف توصيله لدرجة حرارة عالية .
 - ٢ - أن تعرض للحرارة مدة طويلة من الزمن .
 - ٣ - أن توصل أطراف الترانزستور توصيلاً خاطئاً بأقطاب البطاريات
 - ٤ - أن توصل أجهزة القياس التي تحتوي على بطاريات كهربائية مباشرة بأطراف الترانزستور مما قد يسبب تسخيناً للأسلاك الداخلية للترانزستور أو انصهارها وانفصالها عن البلورة الجرمانيوم .
 - ٥ - أن توصل أطراف الترانزستور ببعضها باللحام .
- والآن ... إذا لم تجد عيباً في البطاريات أو في توصيل أطرافها ولم تجد أى قطع في أجزاء الدائرة ولم تكن هناك أجزاء موصلة ببعضها توصيلاً خاطئاً فيلزم الآن استخدام فولتметр إلكتروني (V. T. V. M.) .
- لمعرفة صلاحية الترانزستورات المستخدمة في الجهاز . ويجب أن يراعى شروطاً في استخدام هذا المقياس :

- ١ - أن لا يستخدم فيه جهد كهربائي أكثر من ٣ فولت .
- ٢ - أن يستخدم الجزء الذي يقرأ المقاومات من الجهاز .

ثم تدرس مقاومات الترانزستورات وخصائصها فتقاس المقاومات الآتية

١ - من الطرف الباعث إلى القاعدة والعكس .

٢ - من الطرف المجمع إلى القاعدة والعكس .

ويجب أن يلاحظ أنه عندما تجمع القراءات السابقة أن تكون النسبة بين مقاومة الطرف الباعث إلى القاعدة وعكسها (أى من القاعدة إلى الطرف الباعث) تصل إلى ١ : ١٠٠ . وكذلك الحال بالنسبة للمقاومة بين الطرف المجمع والقاعدة .

قياس الجهد :

عند قياس الجهود لا بد من قياسها بالنسبة للطرف الباعث .

ففي حالة الترانزستور من النوع الموجب السالب الموجب يجب أن تكون قاعدة الترانزستور الموصلة بالدائرة سالبة بالنسبة للطرف الباعث بمقدار يصل إلى ٠,٢ فولت . أما الطرف المجمع فسوف يكون سالبا بالنسبة للطرف الباعث بمقدار يختلف باختلاف الترانزستور المستخدم . وفي حالة الترانزستور من النوع السالب الموجب السالب يجب أن تكون قاعدته الموصلة في الدائرة موجبة بالنسبة للطرف الباعث بمقدار ٠,٢ فولت أما الطرف المجمع فسوف يكون موجبا بالنسبة للطرف الباعث بمقدار يختلف باختلاف خصائص الترانزستور المستخدم .

قياس شدة التيار :

يمكن حساب شدة التيار المار في الأجزاء المختلفة للترانزستور بمعرفة الجهود المختلفة عند أطراف الترانزستور والمقاومات المتصلة بها وباستعمال قانون أوم الذى سبق شرحه يمكن إيجاد شدة التيار الذى يمر في أى دائرة من دوائر أطراف الترانزستور .

وعند حساب شدة التيار يلاحظ ما يأتي :-

- ١ - أن تكون مقاومة ضابط الصوت في الجهاز أقل ما يمكن .
- ٢ - أن تكون سعة مكشف دائرة التوليف المستخدمة في الجهاز أقل ما يمكن وتختلف قيمة شدة التيار في أجزاء الدائرة حتى ولو كانت الترانزستورات المستخدمة في المراحل المختلفة من نوع واحد ولها خصائص مشتركة .

ويجب عند تغيير بعض أجزاء الترانزستور أن تكون قيم هذه الأجزاء مضبوطة وخصوصا في حالة تغيير الملفات والمحولات .

وبعد دراسة الملاحظات السابقة دراسة عميقة واتباع الارشادات السالفة ، سوف يجد الهاوى أو العامل أن اصلاح أجهزة الترانزستور في سهولة اصلاح أجهزة الصمامات الالكترونية .

فاذا لم يتيسر اصلاحها بعد ذلك فيصح الرجوع إلى المصانع الرئيسية لهذه الأجهزة .



تعريف بالمقاومات

لما كانت المقاومات كثيرة الاستخدام في الدوائر المختلفة لذلك كان لزاماً علينا إرشاد الهاوى إلى طريقة التعرف على المقاومات لتبين قيمها .

ولما كانت بعض هذه المقاومات من الصغر بحيث لا يتيسر كتابة مقاديرها بالأرقام التى تدل على عدد الأومات (والتى يرمز لها بالرمز Ω) ، لذلك اصطلح على وضع ألوان ذات دلالة خاصة متفق عليها وبيانها كما يلي :

اللون الأسود يدل على رقم صفر

١ « « « البنى

٢ « « « الأحمر

٣ « « « البرتقالى

٤ « « « الأصفر

٥ « « « الأخضر

٦ « « « الأزرق

٧ « « « البنفسجى

٨ « « « الرمادى

٩ « « « الأبيض

كما أنه اتفق على تخصيص اللون الذهبى للدلالة على أن مقدار خطأ المقاومة عن الحقيقة فى حدود $\pm 5\%$

واللون الفضى للدلالة على أن مقدار خطأ المقاومة عن الحقيقة فى حدود $\pm 10\%$

وعدم وضع لون ذهبى أو فضى للدلالة على أن مقدار خطأ المقاومة عن الحقيقة فى حدود $\pm 20\%$

وطريقة وضع الألوان تختلف باختلاف المصانع والنوعان المنتشران في السوق هما:

النوع الأول : على شكل اسطوانة يخرج من وسط كل من طرفيها سلك توصيل والألوان في هذا النوع تكون على شكل شرائط دائرية على مسافات متساوية تبدأ من أحد الجانبين متجهة نحو الجانب الآخر .

فأول شريط قرب أحد الجانبين يدل على الرقم الأول من العدد الدال على قيمة المقاومة (أى أن البنى يدل على رقم ١ والأحمر ٢ وهكذا) والشريط التالى يدل على الرقم الثانى من العدد الدال على قيمة المقاومة . والشريط الثالث يدل على عدد الأصفار التى تكمل العدد الدال على قيمة المقاومة .

مثال : إذا كان حول مقاومة ثلاثة أشرطة أولها (جهة أحد الجانبين) أحمر ويليه أخضر ويليه أصفر دل ذلك على أن قيمة المقاومة ٢٥٠٠٠٠ أوم (ذلك لأن اللون الاول الاحمر من الجدول السابق يدل على الرقم ٢ وهو أول رقم فى العدد، والشريط الذى يليه أخضر يدل على الرقم ٥ من الجدول وهو الرقم الثانى من العدد الدال على المقاومة، والشريط الثالث الأصفر وقيمته ٤ من الجدول يدل على عدد الاصفار أى أربعة أصفار تكمل العدد إلى ٢٥٠٠٠٠ أوم) .

يلاحظ أنه لعدم وجود لون فضى أو ذهبي على المقاومة يدل على أن الخطأ فى قيمة هذه المقاومة $\pm 20\%$ أى أن القيمة الحقيقية لهذه المقاومة تتراوح بين ٢٠٠٠٠٠ ، ٣٠٠٠٠٠٠ أوم .

النوع الثانى : وهو عادة على شكل اسطوانة تنتهى برأسين عند جانبيها يخرج من كل منهما سلك جانبي عمودى على الاسطوانة ويلون جسم المقاومة بلون يدل على الرقم الاول من العدد الدال على قيمة المقاومة ويلون أحد

الرأسين بلون يدل على الرقم الثاني من العدد الدال على قيمة المقاومة وتوضع نقطة بلون خاص يدل على عدد الاصفار التي تكمل قيمة المقاومة ويلون الرأس الآخر باللون الذهبي أو الفضي أو يكون بلون الجسم للدلالة على مدى الخطأ كما سبق .

مثال : مقاومة جسمها ملون باللون الازرق وأحد الرأسين ملون باللون البرتقالي والآخر باللون الفضي وعلى الجسم نقطة بنية فتحدد قيمة المقاومة كما يلي :

- الرقم الأول ٦ (لأن الجسم لونه أزرق) .
الرقم الثاني ٣ (لأن أحد الرأسين لونها برتقالي) .
عدد الاصفار صفر واحد (لأن البقعة لونها بني) .
أى أن قيمة هذه المقاومة ٦٣٠ أوم .
بخطأ قدره ± 63 أوم . (١٠٪ لأن لون الرأس الأخرى فضي) .



خصائص بعض الترانزستورات المستخدمة في هذا الكتاب

(OC 70 — OC 71 — OC 72)

وكلاهما من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة الموجبة — السالبة — الموجبة

أوجه المقارنة	OC 70	OC 71	OC 72
استعمالات الترانزستور	في مراحل الدخول ولاهتزاز	في مراحل النقل والخروج والاهتزاز	في مراحل الخروج ذات القدرة الكبيرة
أقصى جهد سالب لتيار مستمر يوصل بالطرف المجمع	٥ فولت	٥ فولت	١٦ فولت
أقصى جهد سالب لتيار متردد يوصل بالطرف المجمع	١٠ فولت	١٠ فولت	٣٣ فولت
أقصى شدة تيار مستمر يمر في الطرف المجمع (بفرض أن جهده سالب)	١٠ مللي أمبير	١٠ مللي أمبير	٥٠ مللي أمبير
أقصى شدة تيار يمر في الطرف الباعث (بفرض أن جهده سالب)	١٠ مللي أمبير	١٠ مللي أمبير	٥٠ مللي أمبير
أقصى قدرة خارجة من المجمع	٦ مللي واط	٦ مللي واط	٧٥-١٠٠ مللي واط
التشويش بالديسي بل عند تردد قدره ١٠٠٠ ذبذبة في الثانية	١٥-١٠ دي سي بل	٢٢-١٠ دي سي بل	١٥ دي سي بل
ممانعة الدخول (عندما تكون دائرة الخروج مقفلة)	٥٨-٨٨ أوم	١٠-٢٥ أوم	—

جدول الأسلاك النحاسية

مقاومة كل ١٠٠٠ قدم في ٢٥° م	طول السلك لكل رطل		عدد اللغات لكل بوصة طولية				الفصل بالملليمتر	أرقام أسلاك S. W. G.
	طبتين من القطن	عارى	مغزول بطبقة مزدوجة من القطن	مغزول بطبقة مزدوجة من القطن	مغزول بطبقة مزدوجة من القطن	مغزول بطبقة مزدوجة من القطن		
١٠١٨	٣٠٠٩	٣١٨٢	٨٠٩	٩٠٣	—	٩٠٦	٢,٥٨٨	١٢
١,٢٨٤	٣٨٠٨	٤٠١٢	٩٠٨	١٠٠٣	—	١٠٠٧	٢,٣٠٥	١٣
١,٦١٩	٤٨٠٩	٥٠٠٩	١٠٠٩	١١٠٥	—	١٢٠	٢,٠٥٣	١٤
٢,٠٤٢	٦١٠٥	٦٣٨٠	١٢٠	١٢٠٨	—	١٣٠٥	١,٨٢٨	١٥
٢,٥٧٥	٧٧٠٣	٨٠٠٤	١٣٠٨	١٤٠٢	—	١٥٠٠	١,٦٢٨	١٦
٣,٢٠٧	٩٧٠٣	١٠٠٤	١٤٠٧	١٥٠٨	—	١٦٠٨	١,٤٥٠	١٧
٤,٠٩٤	١١٩	١٢٠٩	١٦٠٤	١٧٠٩	١٨٠٩	١٨٠٩	١,٢٩١	١٨
٥,١٦٣	١٥٠	١٦٠٣	١٨٠١	١٩٠٩	٢١٠٢	٢١٠٢	١,١٥٠	١٨
٦,٥١٠	١٨٨	٢٠٠٣	١٩٠٨	٢٢٠٠	٢٣٠٦	٢٣٠٦	١,٠٢٤	١٩
٨,٢١٠	٢٣٧	٢٥٠٦	٢١٠٨	٢٤٠٤	٢٦٠٤	٢٦٠٤	٩١١٦	٢٠
١٠,٣٥	٢٩٨	٣٢٠٣	٢٣٠٨	٢٧٠٠	٢٩٠٤	٢٩٠٤	٨١١٨	٢١
١٢,٥٠	٣٧٠	٤٠٠٧	٢٦٠	٢٩٠٨	٣٢٠٧	٣٣٠١	٧٢٣٠	٢٢
١٦,٤٦	٤٦١	٥١٠٢	٣٠٠	٣٤٠١	٣٦٠٥	٣٧٠٠	٦٤٣٨	٢٣
٢٠,٧٦	٥٨٤	٦٤٠٤	٣١٠٦	٣٧٠٦	٤٠٠٦	٤١٠٣	٥٧٣٣	٢٤
٢٦,١٧	٧٤٥	٨١٠٧	٣٥٠٦	٤١٠٥	٤٥٠٣	٤٦٠٣	٥١٠٦	٢٥
٣٣,٠٠	٩٠٣	١٠٠٣١	٣٨٠٦	٤٥٠٦	٥٠٠٤	٥١٠٧	٤٥٤٧	٢٦
٤١,٦٢	١١١٨	١٣٠٠	٤١٠٨	٥٠٠٢	٥٥٠٦	٥٨٠	٤٠٤٩	٢٧
٥٢,٤٨	١٤٢٢	١٦٠٣٩	٤٥٠	٥٥٠٠	٦١٠٥	٦٤٠٩	٣٦٠٦	٢٨
٦٦,١٧	١٧٥٩	٢٠٠٦٧	٤٨٠٥	٦٠٠٣	٦٨٠٦	٧٢٠٧	٣٢١١	٣٠
٨٣,٤٤	٢٢٠٧	٢٦٠٧	٥١٠٨	٦٥٠٤	٧٤٠٨	٨١٠٦	٢٨٥٩	٣١
١٠,٥٢	٢٥٣٤	٣٢٠٨٧	٥٥٠٥	٧١٠٥	٨٣٠٣	٩٠٠٥	٢٥٤٦	٣٣
١٣,٢٧	٢٧٦٨	٤١٤٥	٥٩٠٢	٧٧٠٥	٩٢٠٠	١٠٠١	٢٢٦٨	٣٤
١٦,٧٣	٣١٣٧	٥٢٢٧	٦٢٠٦	٨٣٠٦	١٠٠١	١١٠٣	٢٠١٩	٣٦
٢١,١٠	٤٦٩٧	٦٥٩١	٦٦٠٣	٩٠٠٣	١١٠٠	١٢٠٧	١٧٩٨	٣٧
٢٦,٦٠	٦١٦٨	٨٣١٠	٧٠٠	٩٧٠٠	١٢٠٠	١٤٠٣	١٦٠١	٣٨
٣٣,٥٠	٦٧٣٧	١٠٤٨٠	٧٣٠٥	١٠٠٤	١٣٠٢	١٥٠٨	١٤٢٦	٣٩ — ٣٨
٤٢,٣٠	٧٨٧٧	١٣٢١٠	٧٧٠	١١٠١	١٤٠٣	١٧٠٥	١٢٧٠	٤٠ — ٣٩
٥٢,٣٤	٩٣٠٩	١٦٦٦٠	٨٠٠٣	١١٠٨	١٥٠٤	١٩٠٨	١١٣١	٤١
٦٧,٢٨	١٠٦٦٦	٢١٠١٠	٨٣٠٦	١٢٠٦	١٦٠٦	٢٢٠٤	١٠٠٧	٤٢
٨٤,٨١	١١٩٠٧	٢٦٥٠٠	٨٦٠٦	١٣٠٣	١٨٠١	٢٤٠٨	٠٨٩٧	٤٣
١٠٦٩	١٤٢٢٢	٣٣٤١٠	٨٩٠٧	١٤٠٠	١٩٠٤	٢٨٠٢	٠٧٩٩	٤٤

المراجع

- 1 — Transistor Physics & Circuits,
by Robert L. Riddle & Marlin P. Ristenbatt.
- 2 — Practical Transistor & Transistor Circuits,
by J. S. Kendall.
- 3 — Transistors for Low Frequency Applications,
Philips Electronic Tube Division.
- 4 — Basic Electricity,
by Abraham Marcus.
- 5 — The Radio Amateur's Handbook,
by The American Radio Relay League.
- 6 — Practical Wireless Magazine.
- 7 — Popular Electronics • .
- 8 — Popular Science • .
- 9 — Radio Electronics • .
- 10 — Science & Mechanics • .
- 11 — Popular Mechanics • .
- 12 — R. C. A. Receiving Tube Manual.

هذه الصفحة مخصصة لكتابة الملاحظات التي تهم القارئ.

ويمكن إكمال العنوان التالي :

الجمهورية العربية المتحدة - القاهرة

مكتبة العلوم بمبنى المجمع (التحرير - الدور التاسع غرفة ٤٦)

الأستاذ محمد البارودي

الملاحظات

الترانزستور

يشمل هذا الكتاب الموضوعات التالية :

● مراحل اكتشاف الترانزستور

● تركيب الترانزستور ونظرية عمله

● طريقة صنعه بمعرفة الهواة وفي الصناعة

● بيان طريقة استخدام الترانزستور

في عمل راديو في حجم علبة الكبريت ،

وفي عمل أنواع قوية من الراديو ،

وفي عمل أجهزة إرسال ، وأجهزة

مساعدة السمع للصم

● بيان بمواصفات وأثمان أجزاء الأجهزة

السابقة وأماكن الحصول عليها

● كيفية التعرف على مواطن الخلل وطرق

الإصلاح